

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA**



***Caracterización Geológica y Efecto de sitio en el Graben
Aeropuerto, Managua***

Seminario Graduación para optar el título de Ingeniero Geólogo

Presentado por: Br. Carolina Lizett Montano González

Tutor: Antonio Álvarez (Geólogo)

Asesor: Carlos Guzmán (Geofísico)

Managua, Agosto de 2012



DEDICATORIA

A Dios que es luz de sabiduría.

A mí querida madre Yolanda Auxiliadora González

A mi tía Milagro del Socorro González

A mí querida sobrinita Brisa Guadalupe Montano Salina

A la Tierra de Lagos y Volcanes, mi querida Nicaragua hermosa y bella.



AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a DIOS concederme culminar mi carrera.

Agradezco a mi querida madre Yolanda González que gracias por ser madre y padre esta siempre a mi lado en los momentos alegres y más difíciles de mi vida.

Agradezco al Proyecto Regional Mitigación de Georriesgo en Centroamérica de la Cooperación Técnica Alemana para el desarrollo (componente Nicaragua fase 1 y 2), así mismo agradezco por su apoyo Director Lothar y Director Ludwing Feldhaus por su apoyo económico – técnico.

Agradezco al Instituto Nacional de Estudio Territoriales INETER en especial a la Dirección Geofísica por apoyo técnico - logístico, así el apoyo brindado por Dr. Wilfred Strauch y Msc. Angélica Muñoz directora actual de la Dirección General de Geofísica.

A mi tutor Ing. Antonio Álvarez Torrez por su paciencia y orientación en la elaboración de este trabajo. Quien con su tutoría hizo posible la exitosa entrega de esta investigación de gran valor para la universidad e instituciones vinculadas con el tema, y que será un precedente para futuras generaciones.

A mi asesor Geofís. Carlos Guzmán, gracia su conocimiento y experiencia en tema Efecto de Sitio, también agradezco la elaboración y diseño aplicación de software para el análisis de microtemores

A los Ingenieros Guillermo Chávez, Alex Castellón y Norwing Acosta especialista en SIG por enseñarme el uso y manejo de los Sistema de información geográfica.

A todo el personal que labora en Dirección de geofísica, Msc. Fabio Segura orientación en tema de sismología, Sra. Elizabeth su orientación en tema de hidrogeología. Sin olvidar al Sr. conductores Miguel Calero y Sr. Antonio López sin su colaboración no hubiese obtenido los datos campo geológico y geofísico, los cuales son fundamentales en este trabajo.



A mis amigos y colegas de la primera generación Ingeniería en Geología: Laresska O'Connor, Mayra Guerrero, Anyela Fernández, Tatiana Obando, Meyling Herrera, Martha Sánchez, Camilo Ferreyra, Martín Pilato, Denis Avellán, Harold Ramos, Erick Ortiz, Roberto Delgado, Francisco Espinoza e Isaac Rivera.

A mis estimad@s amig@s Ivania Díaz Quiroz, Magdalena Rocha, Rebeca Zúñiga, Ing. Gerardo Silva, Ing. Carmen Gutiérrez, Lic. Maria Elena Cerpa, Lic. Martha Ibarra, Ing. Silvia Amador, Iveth Dávila Lorente y Lic. Zulma Pérez. Agradezco cada una de la persona que de alguna manera me han apoyado de una u otra manera.

A los miembros de mi familia Collado González que en algún momento de mi vida me han brindado su apoyo, en especial a mis primas Lucia y Melissa Alemán González y a mi tía Martha Collado.

Agradezco al Ministerio de Energía y Minas por haberme brinda su apoyo, en especial Director General de Minas Ing. Carlos Zarruk.

A las empresas brindaron la información solicitada: INAA en departamento de Geología a cargo de Ing. Benedicto Valdés, Gerencia de perforaciones, Dirección de proyecto. Laboratorio de geotecnia: IMS cuya dirección esta a cargo de Ing Bladimir Zelaya, Rodríguez& Asociados a cargo del Ing. Oscar Rodríguez gerente general.

Por cada uno de los que han formado parte de mi vida y no están presente: a queridos abuelitos Francisco Collado y Martha González Dávila, amigos Ing. Ricardo López, Dr. Armando Palomo, Sr. Allam Alemán y Srt. Ammy O'Connor. Que en paz descansen.

A todo ustedes gracias por siempre....



RESUMEN

El presente estudio se realizó en una estructura tectónica denominada Graben Aeropuerto ubicada en la periferia, Este del Graben de Managua, limitado por dos sistemas de falla de rumbo Norte-Sur. En la parte Oeste, la Falla Aeropuerto, y al Este, la Falla Cofradías.

El sitio de interés fue seleccionado por su morfología hundida e inclinada que la convierte en una zona de deposición piroclásticas, lavas de erupciones volcánicas explosivas y relictos de actividad volcánica, con un basamento aflorante y profundo, con condición hidrogeológica de nivel freático somero y profundo, fallas geológicas activas (figura 1) capaz de generar futuros movimientos sísmicos de magnitudes importantes (Segura, 2000). Todas estas características posiblemente inducen a la ocurrencia del efecto de sitio. Y desde el punto socioeconómico actualmente es objeto de desarrollo industrial, habitacional, agrícola y fuente de abastecimiento de agua potable de Managua.

El propósito de este trabajo es entender el comportamiento dinámico de los suelos y sedimentos que cubren el Graben Aeropuerto. Ante el impacto de ondas sísmicas provenientes de la zona de subducción y de fallas locales.

Para lograrlo, se realizó un previo proceso de evaluación de la información incluida tanto tectónica, sismicidad, geología local, geotecnia e hidrogeológica contemplada dentro del Graben Aeropuerto. Mediante la ejecución de las prospecciones in situ tanto geológica como geofísica; la primera consistió en caracterización y descripción de los materiales geológicos en cuanto a su textura, composición, grado de meteorización y compactación.

Respectivamente la prospección geofísica consistió en las mediciones de microtemores utilizada para la cuantificación del efecto de sitio. Para obtener propiedades físicas de capas superficiales, como frecuencia fundamental del suelo y su factor de amplificación. Se aplicó la técnica H/V o técnica de Nakamura (1989) considerada una de las más novedosas, rápidas y baratas.

Como resultado de esta investigación se obtendrá una microzonificación sísmica de lo cual se podrá disponer de una herramienta que les permitirá optimizar el uso racional del suelo e incrementando los niveles de seguridad, promoviendo un desarrollo integral sostenible, al incorporar el factor amenaza sísmica en sus planes de prevención y mitigación.



Contenido

	<i>Dedicatoria</i>	<i>i</i>
	<i>Agradecimiento</i>	<i>ii</i>
	<i>Resumen</i>	<i>iv</i>
	<i>Tabla de contenido</i>	<i>v</i>
1. Introducción		1
1.1	Localización	3
1.2	Generalidades del área de estudio	5
1.2.1	Vías de acceso y accesibilidad	5
1.2.2	Población	5
1.3	Antecedentes	6
1.4	Justificación	15
2. Objetivos		16
2.1	Objetivo general	16
2.2	Objetivos específicos	16
3. Marco Teórico		17
3.1	Tipo de información incluida	17
3.2	Prospecciones	19
3.2.1	Geológica	19
3.2.2	Geofísica	19
3.3	Registro de Microtremores para cuantificar el efecto de sitio	19
3.3.1	Microtremores	19
3.3.2	Características de los microtremores	20
3.3.3	Fuente de microtremores	20
3.3.3.1	Fuentes naturales	20
3.3.3.2	Fuentes artificiales	20
3.4	Método de onda superficiales	21
3.4.1	Método pasivo	21
3.4.1.1	H/V Nakamura	22
3.5	Caracterización de sitio	22
3.5.1	Efecto de sitio	22
3.5.2	Modificación del movimiento del terreno	22
3.6	Microzonificación sísmica	23
3.7	Técnica aplicada	24
3.7.1	Técnica de Nakamura o H/V	24
3.7.2	Función de transferencia	25
3.8	Principales aplicaciones	28
4. Metodología		29
4.1	Primera etapa de gabinete.	29
4.2	Etapa de campo	29
4.2.1	Prospección geológica	29
4.2.2	Prospección geofísica	30
4.3	Segunda etapa de gabinete	31
4.3.1	Procesamiento, análisis e interpretación de la información de los datos de microtremores	31
4.3.1.1	DivGeo SIG 2008 V5 (Transformar los	31



	archivos GSR a archivos de Seisan)	
	4.3.1.2 VerEspectrosNaka_CM V8. Respuesta	33
	dinámica de suelo (espectros de Nakamura)	
4.4	Análisis, interpretación y correlación de la información	36
4.4.1	Análisis de la información utilizada	36
4.4.2	Correlación de la información	37
4.4.3	Elaboración de informe preliminares	37
4.4.4	Elaboración de documento final	37
5 Resultados		38
5.1	Geología general del área de estudio	38
5.1.1	Material de cubierta (Qsr,Qv)	38
5.1.2	Sedimento cuaternario aluviales (Qal)	40
5.1.3	Bloques de rocas volcánicas	42
5.1.4	Flujo lávicos (Ql)	43
5.1.5	Escorias y cenizas	44
	5.1.5.1 Escorias	44
	5.1.5.2 Cenizas	45
5.1.6	Escoria Ultima (Heu)	47
5.1.7	Toba El Retiro (Hrt)	49
5.1.8	Toba Ticuantepe(Htpc)	50
5.1.9	San Judas (Hsj)	51
5.1.10	Formación Las Sierras (TQps)	53
5.2	Geología estructural área de estudio	58
5.2.1	Estructuras mayores	58
	5.2.1.1. Sistema de fallas Cofradía	58
	5.2.1.2 Falla Aeropuerto	58
5.2.2	Estructuras menores intra Graben Aeropuerto	59
	5.2.2.1 Falla Las Mercedes	59
	5.2.2.2 Falla Los Bomberos	59
	5.2.2.3 Falla Occidental	59
	5.2.2.4 Falla Ramal Aeropuerto	59
	5.2.2.5 Falla ENAG	60
	5.2.2.6 Falla Sabana Grande – Veracruz	60
	5.2.2.7 Falla Veracruz	60
	5.2.2.8 Lineamiento principales y secundarios	60
6	Análisis de la amenaza por efecto de sitio	62
6.1	Factor condicionantes	62
6.1.1	Tipo y composición de los materiales geológicos dentro y fuera del Graben Aeropuerto.	62
6.1.2	El espesor de los estratos y profundidad del sustrato rocoso o reciente.	63
6.1.3	Depósitos superficiales cuyo comportamiento geotécnico corresponde al suelo	64
6.1.4	Profundidad del nivel freático	65
6.1.5	Topografía superficial	69
6.1.6	Presencia de falla, su situación y características	69



6.2	<i>Efecto de Sitio o efecto local</i>	70
6.2.1	<i>Dinámica del suelo</i>	71
6.2.2	<i>Amplificaciones relativa y periodo predominante</i>	74
6.3	<i>Interpretación y correlación de la información utilizada</i>	75
6.4	<i>Factores desencadenante</i>	81
6.4.1	<i>Actividad sísmica</i>	81
6.4.1.1	<i>Actividad sísmica regional</i>	81
6.4.1.2	<i>Actividad sísmica local</i>	82
7.	<i>Discusión</i>	86
8.	<i>Conclusión</i>	88
9	<i>Recomendación</i>	90
10	<i>Glosario</i>	91
11	<i>Bibliografía</i>	94
12	<i>Anexo</i>	98



Índice de figuras

	<i>Pág.</i>
<i>Figura 1 Localización del área de estudio</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2 Localización tectónica regional de Nicaragua</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3 Provincias geológicas</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4 Mapa de fallas de Managua</i>	<i>9</i>
<i>Figura 5 Zonas Sísmica de Nicaragua</i>	<i>11</i>
<i>Figura 6 Ocurrencia de sismos superficiales</i>	<i>12</i>
<i>Figura 7 Proceso de subducción</i>	<i>17</i>
<i>Figura 8 Fuentes generadora de microtemores: fuente naturales y artificiales</i>	<i>21</i>
<i>Figura 9 Condiciones locales</i>	<i>23</i>
<i>Figura 10 Principales suposiciones de la técnica de Nakamura</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11 Equipo para realizar las mediciones de microtemores GeoSIG</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12 Aplicación del programa DivGeo SIG 2008 V5</i>	<i>32</i>
<i>Figura 13a Aplicación para visualizar solo los espectros promedios</i>	<i>34</i>
<i>Figura 13b Conjunto de espectros Nakamura contenido en cada uno de los archivos</i>	<i>35</i>
<i>Figura 14 Mapa geológico estructural del Graben Aeropuerto</i>	<i>61</i>
<i>Figura 15 Mapa hidrogeológico</i>	<i>68</i>
<i>Figura 16 Mapa de topografía superficial</i>	<i>70</i>
<i>Figura 17 N9 componente NS</i>	<i>75</i>
<i>Figura 18 N60 componente EW</i>	<i>77</i>
<i>Figura 19 N51 componente EW</i>	<i>79</i>
<i>Figura 20 N85 componente NS</i>	<i>80</i>
<i>Figura 21 Registro sismograma de evento sísmico relacionado proceso de subducción</i>	<i>82</i>
<i>Figura 22 Registro sismograma de evento sísmico relacionado con fallamiento superficial</i>	<i>83</i>
<i>Figura 23 Mapa de amplificación relativa</i>	<i>84</i>
<i>Figura 24 Mapa de periodo predominante</i>	<i>85</i>



Índice de Fotografías

		Pág.
Foto 1	Pared oeste del cauce El Borbollón terraza aluvial	39
Foto 2	Sedimento cuaternario aluviales	40
Foto 3	Secuencia estratigráfica conformada por depósitos aluviales con intercalación de suelos fósiles	41
Foto 4a	Bloque frecuentemente encontrado en la parte central del graben	42
Foto 4b	Bloque de toba con matriz arenosa con abundante fragmento piroclástico	42
Foto 5	Contacto entre el Flujo lávico y el depósito de flujo piroclástico	43
Foto 6	Flujo lávico en la parte superior se presenta en forma de escoria y en la base de masivo	44
Foto 7	Cerro Mosintepe constituido la acumulación de escoria pseudoestratificada	45
Foto 8	Deposito freatomagmático constituido una secuencia cíclica de finas capa de arena	46
Foto 9	Deposito freatomagmático localizado al Noroeste del Cerro Veracruz	46
Foto 10	Secuencia estratigráfica constituida por flujo piroclástico y última escoria	47
Foto 11	Secuencia conformada por Toba, escoria, tobas y suelo reciente	48
Foto 12	En corte se longitudinal conformado por (Htpc) Toba Ticuantepe centro se encuentra (Heu) la ultima escoria	48
Foto 13	Toba El Retiro en contacto sobreyacente con Toba Ticuantepe	49
Foto 14	Secuencia Ticuantepe compuesta por ceniza y arena gris perteneciente a depósito de flujo.	50
Foto 15	Contacto entre la Toba Ticuantepe textura fina, estructura masiva sobreyaciada por la Toba el Retiro y suelo reciente	51
Foto 16	Secuencia conformada estratigráfica	52
Foto 17a	Corte longitudinal en Cerro Monte Oro	54
Foto 17b	Toba aglomeradica	54
Foto 18a	Corte longitudinal en banco de explotación San Rafael	55
Foto 18b	Toba aglomerádica	55
Foto 19	Toba aglomerádica en cauce en la localizada de Campuzano	55
Foto 20a	Corte longitudinal en banco de explotación localidad La Coyota	56
Foto 20b	Material constituido ceniza y arena, inverso se encuentra abundante pisolitos de diferentes diámetros	56
Foto 21	Toba ceniza perteneciente a la secuencia de toba de la Formación Las Sierras	57
Foto 22	Intercalación de toba de textura atenuada y ceniza	57

Contenido de tablas

Tabla 1	Vértices del área de estudio	3
Tabla 2	Datos geotécnicos recopilados	65
Tabla 3	Características hidrogeológicas observadas en el campo	66
Tabla 4	Datos hidrogeológicos de niveles piezométricos	67
Tabla 5	Datos obtenidos mediante la aplicación método de Nakamura.	72



Contenido de anexos

Anexo 1	Figura 25 Mapa de afloramiento	99
Anexo 2	Tabla 6 Mapa de afloramiento	100
Anexo 3	Tabla 7 Inspección de trinchera	103
	Tabla 8 Descripción de calicata	104
Anexo 4	Característica de equipo para medir microtemores	105
Anexo 5	Figura 26 Mapa de mediciones de microtemores	108
Anexo 6	Figura 27 Mapa de estudio geológico por fallamiento superficial	109
Anexo 7	Tabla 9 Estudio geológico por fallamiento superficial	110
Anexo 8	Figura 28 Mapa de ubicación de los sondeos de penetración estándar (SPT)	118
Anexo 9	Figuras de los espectros por componente	119



1. INTRODUCCIÓN

La alta actividad sísmica que afecta el pacífico nicaragüense se encuentra estrechamente asociado al proceso de subducción de la Placa Coco – Placa Caribe, fallamiento local y en menor escala producto del volcanismo; y se han considerado como una amenaza constante y latente capaz producir una serie de procesos geológicos inducidos, grandes pérdidas económicas, la destrucción en las infraestructuras civiles y muerte en la población asentada en las zonas más vulnerables ante esta amenaza.

Tal es el caso particular del Graben de Managua donde se asienta la ciudad capital, la cual por sus condiciones geológicas - estructurales, características litológicas, ha sido destruida por dos grandes terremotos: en 1931 con magnitud 5.9 y en 1972 con magnitud 6.2, causado por ruptura superficial, dos fallas reconocidas: Falla Estadio, y Falla Tiscapa respectivamente.

El presente estudio se realizó en una estructura tectónica pequeña similar y relativamente menos poblada, ubicada en la periferia Este del Graben de Managua, conocida como Graben de Aeropuerto, limitada por dos sistemas de falla de rumbo Norte-Sur; limitada en el extremo Oeste por la Falla Aeropuerto y al Este por el Sistema de Falla Cofradía.

Cuando una fuente sísmica en particular produce un evento sísmico de cierta magnitud, a demás de producir los movimientos vibratorios característicos, produce una serie de efecto inducido, asociado con el comportamiento geológico – geodinámico de los materiales geológicos. En la presente investigación se hace referencia en el tema de **Efecto de Sitio**, el cual se define como la influencia de la condiciones locales; puede suponer respuesta sísmica diferente, en un entorno geográfico local (González, 2002). Su evaluación tiene gran importancia para fines de microzonificación sísmica y en la planificación.

El sitio de interés fue seleccionado por su morfología hundida e inclinada que la convierte en una zona de deposición piroclásticas, lavas de erupciones volcánicas explosivas y relictos de actividad volcánica, con un basamento aflorante y profundo, con condición hidrogeológica de nivel freático somero y profundo, fallas geológicas activas (figura 1) capaz de generar futuros movimientos sísmicos de magnitudes importantes (Segura, 2000).



Todas las características antes mencionadas posiblemente inducen a la ocurrencia del **Efecto de sitio**. Y desde el punto socioeconómico actualmente es objeto de desarrollo industrial, habitacional y agrícola, la principal fuente de abastecimiento de agua potable para ciudad de Managua y sus alrededores.

Cuyo propósito investigativo es entender el comportamiento dinámico de los suelos y sedimentos que cubren el Graben Aeropuerto. Ante el impacto de ondas sísmicas provenientes de la zona de subducción y de fallas locales.

Para lograrlo, se realizó un previo proceso de evaluación de toda la información incluida tanto tectónica, sismicidad, geología local, geotecnia e hidrogeológica contemplada dentro del Graben Aeropuerto. Mediante la ejecución de las prospecciones in situ tanto geológica como geofísica; la primera consistió en caracterización y descripción de los materiales geológicos en cuanto a su textura, composición, grado de meteorización y compactación.

Respectivamente la prospección geofísica consistió en las mediciones de microtemores utilizada para la cuantificación del efecto de sitio. En el procesamiento e interpretación, se consideró el uso de dos aplicaciones, hecha por el geofísico Carlos Guzmán (INETER) las cuales son compatibles con software SEISAN. Para obtener propiedades físicas de capas superficiales, como frecuencia fundamental del suelo y su factor de amplificación. Se aplicó la técnica H/V o técnica de Nakamura (1989) considerada una de las más novedosas, rápidas y baratas.

Como resultado de esta investigación se obtendrá una microzonificación sísmica de lo cual se podrá disponer de una herramienta que les permitirá optimizar el uso racional del suelo e incrementando los niveles de seguridad, promoviendo un desarrollo integral sostenible, al incorporar el factor amenaza sísmica en sus planes de prevención y mitigación.

En conformidad con el Normativas del Régimen Académico Estudiantil establecido por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN – Managua). Se procedió a presentar el documento titulado: “Caracterización geológica y Efecto de Sitio en el Graben Aeropuerto, Managua”, como investigación final para el cumplir con el programa de estudios y así optar al título de Ingeniero Geólogo.



1.1 Localización

El sitio de interés conocido como el Graben Aeropuerto, se encuentra localizada en la periferia Este de la ciudad Managua; cubriendo una superficie de 171Km² representada por el cuadrante de las hojas topográficas Tipitapa 2952-I y Nindirí 2952-II escala 150,000 de INETER 2006.

Los vértices principales del polígono correspondiente a las coordenadas (**Figura1**).

Vértices del área de estudio.	Coordenadas UTM WGS 84	
	Este	Norte
1	586000	1344724
2	588519	1345930
3	590201	1345853
4	590235	1345853
5	591516	1345862
6	592831	1345631
7	594189	1346195
8	594984	1345879
9	596317	1347000
10	597000	1347000
11	597000	1330000
12	586000	1330000

Tabla 1 Vértices de área de estudio

Los límites del área son: al Norte con el Lago de Managua, al Este con el Municipio de Tipitapa, al Sur con la Ciudad de Masaya y al Oeste con la ciudad Capital.



1.2 Generalidades de área de estudio

1.2.1 Vías de Accesos.

Las principales vías de acceso son carreteras pavimentadas: Carretera Managua–Masaya (carretera Panamericana), Carretera Masaya–Tipitapa (carretera Interamericana) y Carretera Panamericana Norte.

Además se cuenta con una red vial intermunicipal permitiendo el acceso hacia las distintas comunidades y/o barrios; comprendida por caminos asfaltados/o adoquinado y caminos con accesibilidad casi todo el año. Se encontraron algunos tramos de caminos parcialmente destruido durante la época lluviosa de los cuales se mencionan a continuación: Camino Sabana Grande – Veracruz (PROINCO), cruce de caminos Sabana Grande – Cofradía – Nindirí y camino Monte Oro - El Papayal – San Joaquín, Camino Cofradía – Los Tercios y La Mocuana.

1.2.2 Población

La distribución poblacional dentro de área de estudio concentra en los siguientes sectores: Distrito VI de la ciudad de Managua comprendido por los barrios (Villa Venezuela, Villa Libertad, Los Laureles), tres comarcas como son: Las Jagüitas y Sabana Grande, Los Vanegas, cuatro comarca del municipio de Ticuantepe (Dirita, San Pedro, Las Conchita, Leonel Reynosa), así como por el municipio de Nindirí del departamento de Masaya: comprendido por las comarcas Los Madrigales, Cofradía, Veracruz, Piedra Menuda y Valle Gothel.



1.3 Antecedentes

Teóricamente Centroamérica esta dividida en dos grandes bloques: El bloque Chortis y el Bloque Chorotega (Dengo, 1973, 1978, 1990). El bloque Chortis: integra la parte Norte de Nicaragua, Honduras, El Salvador hasta la parte Sur de Guatemala, y esta constituido por un basamento Metamórfico de origen Continental. Mientras que el bloque Chorotega, abarca el Sur de Nicaragua, Costa Rica y Panamá y esta constituido por un basamento Oceánico (Figura, 2). Cabe mencionar que en Nicaragua los límites entre ambos bloques no están muy definidos debido a la cobertura de potente secuencia sedimentaria y volcánica del cenozoico, con presencia de rocas parcialmente metamorfizada y afectado por intrusivos

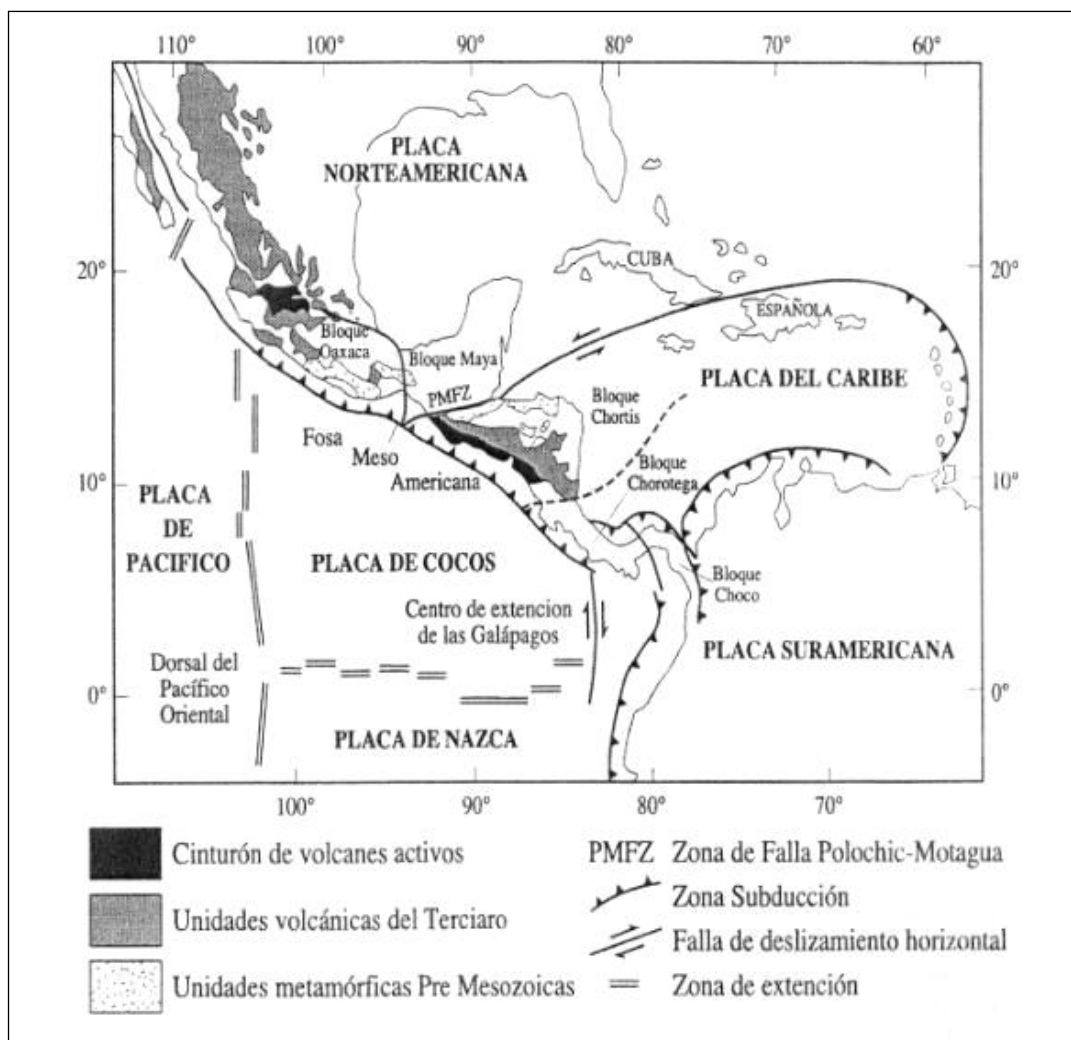


Figura 2. Localización tectónica regional de Nicaragua tomado en (Sundblat, 1991)



El área de interés se ubica dentro de la Depresión de Nicaragua (Figura 3) la cual se origina a finales del Terciario (Mioceno-Plioceno) y se continuó hasta el Cuaternario (McBirney y Williams, 1965), representa un nuevo terreno geológico de naturaleza oceánica; limitada por dos grandes fallas con rumbo NW – SE (Hodgson, 1974). En cuyo interior se emplazó la cadena volcánica activa, la cual posteriormente fue desplazada y segmentada por un complejo tectónico estructural en área de Managua definida como pull apart (Martínez, 1992).

El área del Graben Managua se encuentra cubierta por materiales geológicos perteneciente al Grupo Managua (Woodward, 1973) comprendido por depósitos piroclásticos proveniente de estructuras volcánicas locales, intercalado por suelos fósiles y aluviales; estos yacen en discordancia con El Grupo Las Sierras (Wilson, 1940) comprendido por depósitos volcanogénicos compuesto por toba, lahar – flujo de lodo aglomerático y flujos lávicos producto de las actividades correspondientes a las edades Holoceno – Pleistoceno respectivamente.

El régimen extensional y activo (discutido por Frischbutter, 1998) provocó la formación del Graben de Managua, abriéndose a lo largo de dos distintas fallas normales (Mateares y Cofradía), en cuyo interior existen fallas de rumbo preferenciales NS y NE – SW (Figura 4). Estas respectivamente han modelado pequeñas estructuras intra graben tales como el Graben Aeropuerto, la cual se localiza en el extremo E del Graben de Managua. Nombrada por primera vez como Cuenca Las Mercedes (Kuang, 1973) y considerada desde el punto de vista morfoestructural como una depresión con relleno policíclicos (Hardecký, 1997).

Estructuralmente los límites del Graben Aeropuerto son los siguientes:

- Extremo Este: Sistema de Falla Cofradía, compuesto por tres principales fallas normales - escalonada (Ferrey y Williams 1971, Woodward-Lundgren 1974), la prolongación del último segmento del Sistema Falla Cofradía se extiende más hacia el Norte pasando próximo a Tipitapa (Dames y Moore, 1978).

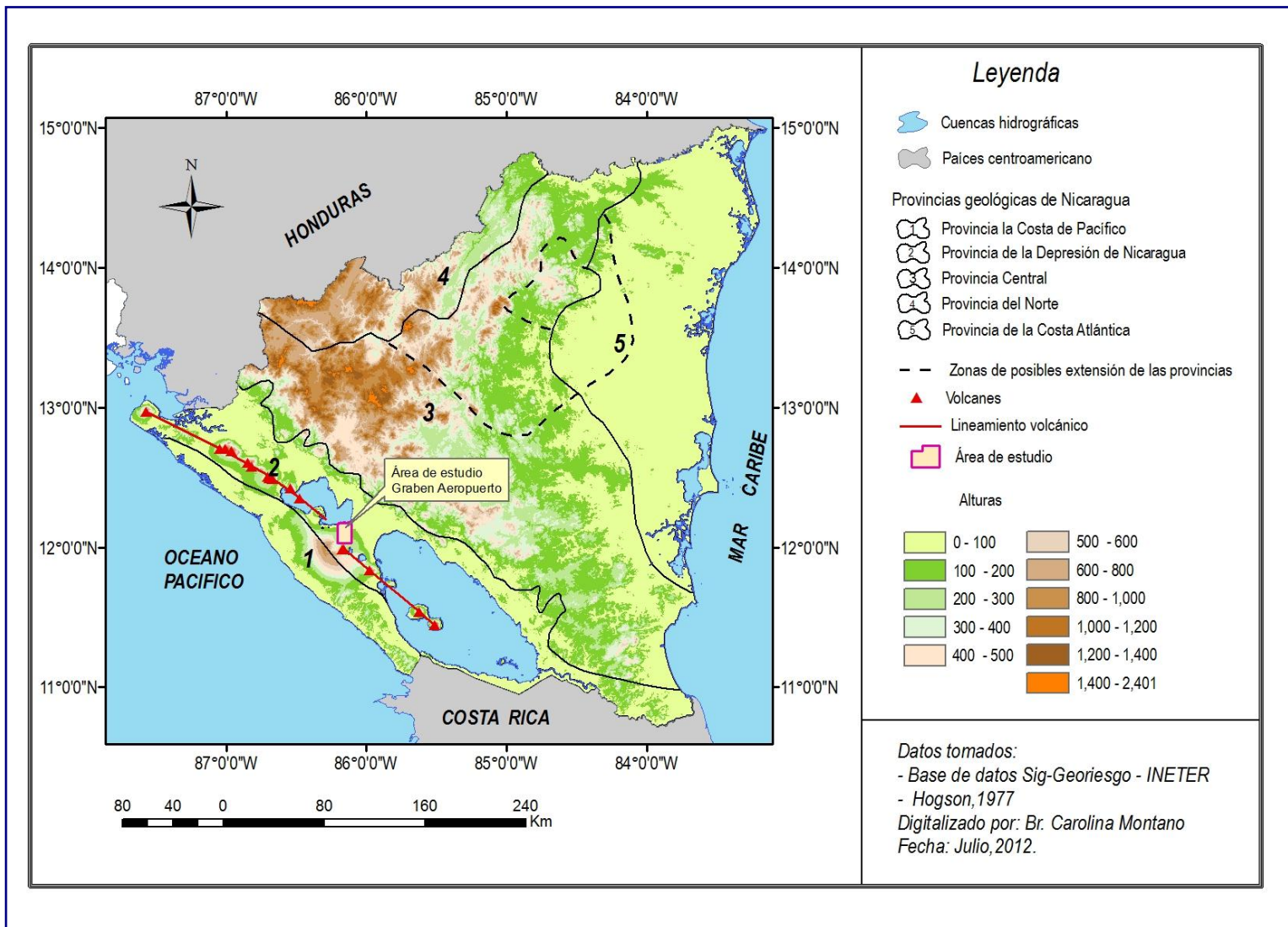


Figura3. Mapa de las Provincias Geológicas de Nicaragua (Hogdson, 1977) y digitalizado por (Montano, 2012)

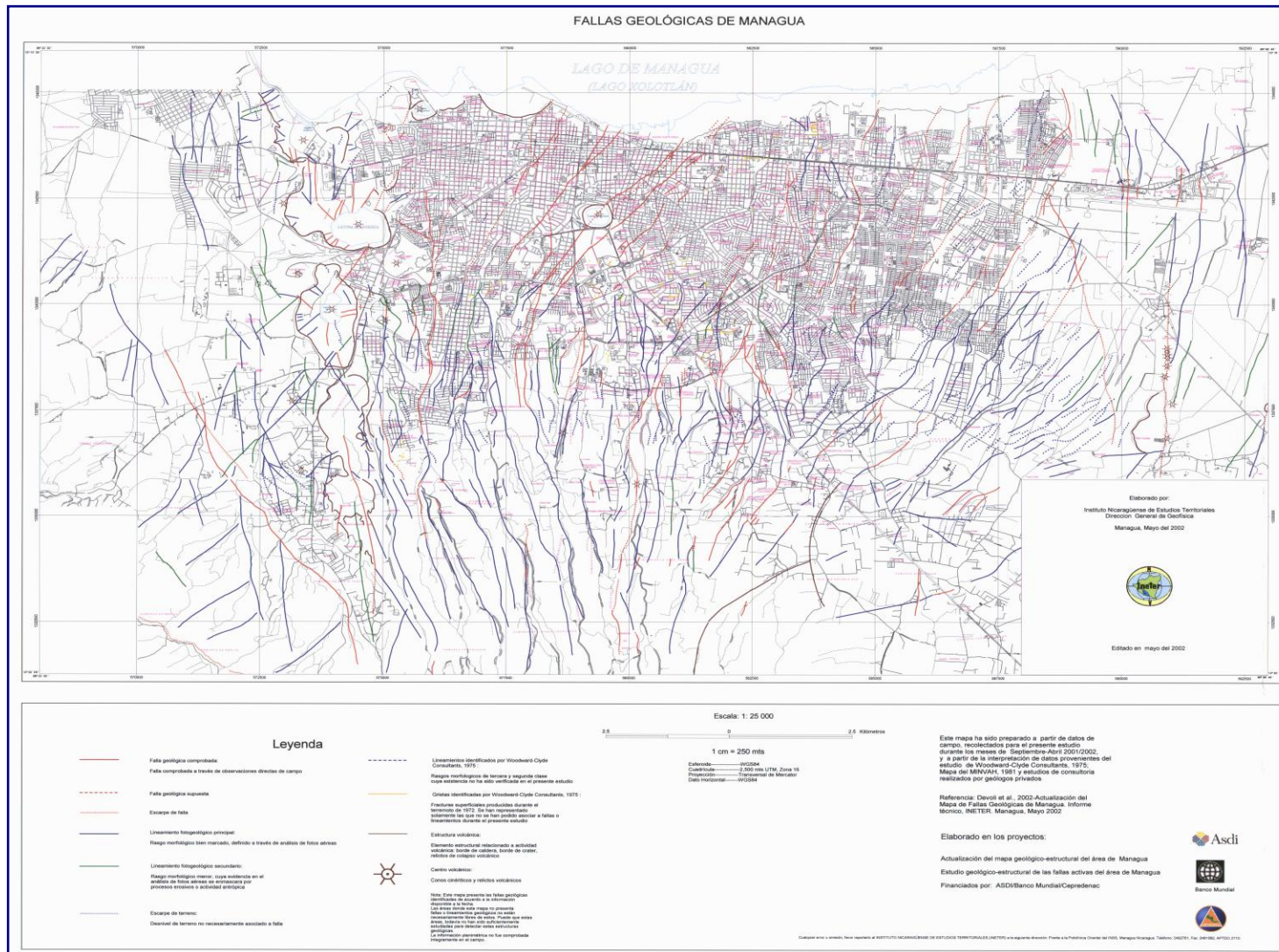


Figura 4. Actualización del Mapa de falla geológica de Managua (INETER, 2000)



- Extremo Oeste: Falla Aeropuerto (Kuang, 1973) cuya orientación es hacia el Noreste, se extiende desde el lago de Managua hacia hasta el Reparto Las Colinas, dicha falla se encuentra desplazado los estratos mas antiguos (Cowan y Hugh, 1998) infiriendo antiguos eventos sísmicos.

Existen estructuras secundarias tales como:

- Falla Las Mercedes (Garayar, 1977), (Woodward-Clyde, 1975) atraviesa la pista de aterrizaje de Aeropuerto Nacional de Nicaragua.
- Sistema de Fallas de Veracruz (Woodward-Clyde, 1976).
- Lineamiento fotogeológicos principales: determinado a partir de rasgo morfológico, definidos a través análisis de fotografías aéreas (INETER, 2002).
- Lineamiento Veracruz representa una serie de Cono cinético (Ferrey, 1971) en la forma de media luna y relicto volcánico (INETER, 2002).

El territorio nicaragüense se ha dividido en varia zonas sísmicas diferenciadas por su caracteriza sismotectónica, cabe mencionar que el área de interés se encuentra directamente afectada por tres de estas zonas (Segura, 1997) tales como: a) Zona de subducción de placas distribuida en tres fuentes sísmica (1, 2,3), Fallamiento cortical originan eventos sísmicos con profundidad menor a 20 km definida por zonas sismogeneradoras: b) Cadena volcánica (5 y 7) c) Zona sísmica de Managua o fallamiento local (6) (Figura 5). En particular los eventos sísmicos que afectan directamente dicha área son superficiales (Figura 6), a continuación se hace mención de algunos datos recopilado.

- 1977 actividad sísmica registrada en la Falla Cofradía con magnitud 2.2 M_L y profundidad 10.4 Km.
- 1984 actividad sísmica registrada en la zona de Ticuantepe con magnitud bajas entre 3.0 M_L y 4.7 M_L , y profundidad somera 5km – 6km asociada a la falla Aeropuerto
- 1998 actividad sísmica registrada al Este de la ciudad de Masaya muy cercano a la comarca El Comején con magnitud determinada en 3.4 M_c y profundidad no mayor a 7.6km.
- 2000 actividad registra en días y zonas distintas, 6 de julio magnitud $M= 5.4$ la profundidad focal fue menos de 1 km; 7 de julio con magnitud $M=5.2$ y profundidad somera. Estos eventos sísmicos fueron de carácter tectónico y no del origen volcánico.

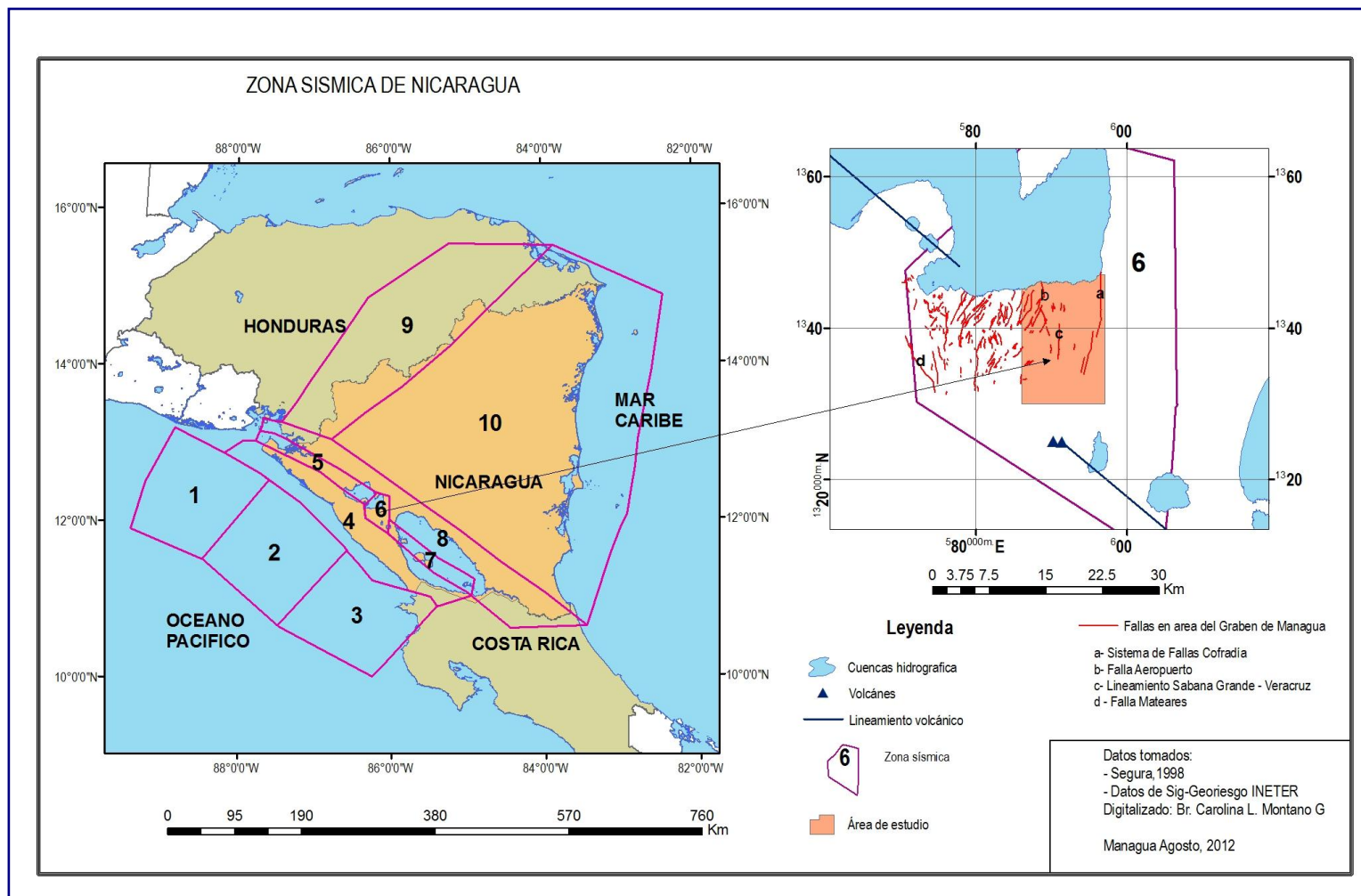


Figura 5. Zona Sísmica de Nicaragua. Muestra las diferentes zonas sísmicas que afecta del territorio de Nicaragua y en particular el área de estudio (Datos toma de Segura, 1997 y digitalizada por Montano en 2012)

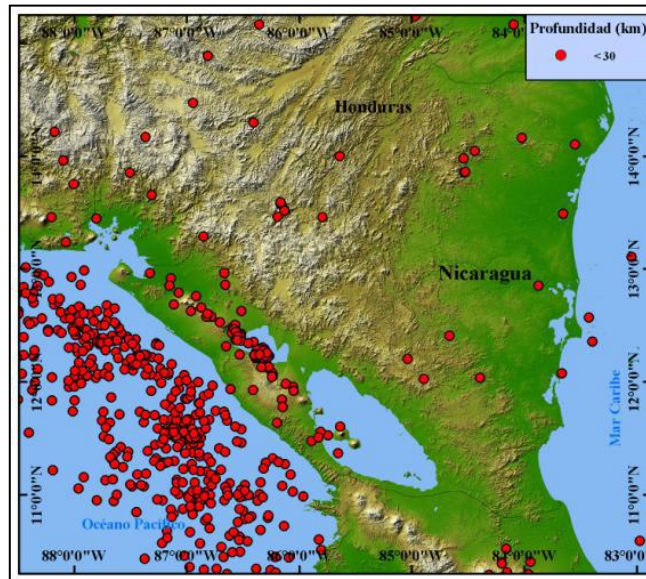


Figura6. Se muestra los sismos con profundidades entre 0 y 30 Km. considerados sismos superficiales, ocurrieron principalmente en dos zonas bien definidas, como son: Zona de Subducción y Cadena Volcánica nicaragüense. Otra zona en que ocurrieron sismos superficiales fue en la Región Norte, Región Autónoma del Atlántico Norte, Central y el Mar Caribe. (Boletín anual INETER, 2009).

Las principales formaciones geológicas subterráneas permeables localizada en la Subcuenca Oriental (SUWaR – ENACAL, 2000). Comprendido por depósitos aluviales con materiales piroclásticos cuaternario (Qal), Grupo volcánico Masaya (QvH) y el Grupo Las Sierras Medio (TQpsM), cuya características hidrogeológicas son favorable acumulación de agua y un basamento hidrogeológico perteneciente a la Formación El Salto y otras formaciones Terciarias las cuales se comportan como capas hidrogeológicas impermeables (acuitardo ó acuiclusa) (JICA, 1993).

El mecanismo de flujo tanto de agua subterránea como superficial esta regido de acuerdo la topografía de área del Graben Aeropuerto. Siendo este definido por dos zonas, la cuales se describen brevemente a continuación:

Zona de recarga correspondiente a la zona alta localizada sur del volcán Masaya y zona de meseta de los pueblos, el flujo recarga el campo de pozos de las Mercedes y los manantiales que afloran en el aluvial costero del lago de Managua. Y otra zona de almacenamiento proyectada a partir de la planicie a hasta el límite inferior de la zona de descarga en el Lago de Managua.



Por lo tanto los niveles estáticos del agua subterránea medidos en periodo (Nov 98 a Dic 99) en la red de ENACAL (SUWaR – ENACAL, 2000) muestran una disminución en la medida que se aproxima al lago de Managua. Además cabe mencionar que los niveles fluctuación en agua subterránea se debe influencia de los fenómenos meteorológico (huracán Mitch, 1998). Con rango de precipitación mensuales acumuladas mayores a 67mm e inferiores a 126mm en Mayo y Junio; y mayores a 300mm en los meses de Septiembre y Octubre (INETER, 2010).

A continuación se presenta una síntesis de los estudios Efecto de sitio o Respuesta de Sitio realizado en área de Managua, acápite importante en la evaluación sísmica de un sitio y la realización esta investigación. No obstante, la metodología en cada uno de estos estudios recopilado varía, aunque el propósito principal fue determinar la influencia de las ondas sísmicas en el entorno geológico y los efectos en las infraestructuras civiles.

- **Varela, 1972:** Realizo una evaluación de los daños ocasionados por el terremoto 1972, los daños ocasionados por dicho terremoto estuvieron asociado las condiciones locales del suelo y no a falla en estructurales.
- **Faccioli, 1973:** Emplea el análisis e interpretación de cierta cantidad de Sondeos de SPT distribuido en toda la ciudad de Managua. Como resultado concluye en: a) reconoce cinco unidades geológicas superficiales. b) agrupa los materiales del subsuelo en tres categorías en el área de Managua de acuerdo a la resistencia de penetración.
- **Moore, 1990:** Implementa la aplicación de programas, subrutinas y programas complementarios, con lo que concluye que los periodos fundamentales del suelo en la mayoría fue 0.11s y en pocos fueron de 0.30 s, dicho valores son indicativos de existen suelo compacto de características dinámicas bastantes estables con intercalación de suelo poco compacto que afectan los valores de aceleraciones máxima, ya sea aumentando o disminuyendo a la mismas
- **Escobar y Corea, 1998:** Realiza el análisis de 170 sondeos distribuidos siempre en dicha ciudad y la aplica el programa SHAKE. Concluye que las aceleraciones máximas en superficie correspondiente al sismo básico operativo varían de 0.24 a 0.43 g, predominando las aceleraciones en el rango de 0.31 a 0.35 g. Y que para un sismo máximo probable se obtuvieron aceleraciones en el rango de 0.44 a 0.72 g, predominando valores en el rango de



0.52 a 0.59 g. Los valores de las amplificaciones para el sismo de base operativa van de 2.0 a 2.6, y se observa una reducción de la amplificación para el sismo máximo probable.

- **INETER, 1998:** Se aplica por primera vez el método de Nakamura el consiste básicamente en registrar con sismógrafos el ruido sísmico de las componentes horizontales y verticales. Este estudio concluye: Que área ciudad de Managua se considera como es una sola zona ya que la amplificación del suelo fueron frecuencia menor de 3.5 Hz.
- **Parrales y Picado, 2001:** Realizaron un análisis de espectros de respuesta. En donde los periodos naturales de los depósitos sometidos al análisis indican que dicha ciudad descansa sobre suelo firme y sus condiciones dinámicas son estables, con periodos de vibración para los cuales se produce las mayores aceleraciones entre 0.10s y 0.36s, se correspondiente con los periodos de oscilación de las estructuras mas comunes (desde pórtico de un nivel hasta edificios de 4 o 5 niveles) encontrada en la ciudad son precisamente las presentan mayor riesgo sísmico en fuente somera.
- **Romero, 2005:** Realizo un estudio del efecto de sitio en áreas urbanas de las ciudades de Masaya y Catarina realizado, en dicho estudio concluye que estas dos ciudades son susceptibles al efecto de sitio.
- **Orellana, Aguinaga y Payán, 2006:** Realizaron una carta geotécnica de la ciudad de Managua, basada en análisis de datos geotécnicos. Concluye que los valores obtenidos en su mayoría son indican suelos blando variando de 2m a 12m de espesor y suelos con rango de resistencia alta y se presentan en profundidades de 2m hasta 34m.
- **Guzmán, 2008:** Realiza una investigación basada en recolección mediciones de ruido cultural, para el procesamiento y análisis de dicho datos utilizo el programa SPEC, con el cual obtuvo graficas logarítmicas de espectros.
- **Hernández, 2009:** Realizo una reevaluación del efecto de sitio y propuesta de clasificación de terrenos con fines de diseño sísmico para ciudad de Managua (Hernández, 2009), concluye que los suelo donde se asienta la ciudad de Managua son estable en cuanto a su frecuencia y periodo.



1.4 Justificación

La investigación geológica es básica, para conocer condiciones y recursos potenciales de un territorio o zona; necesaria para su ordenamiento y planificación para su desarrollo. Desde el punto de vista económico, el área es objeto de acelerado crecimiento urbano e infraestructura, por lo que la amenaza sísmica se incrementa si existe deficiencia.

Esta investigación se orienta a mejorar el conocimiento actual del comportamiento del subsuelo del Graben Aeropuerto, al estudiar su comportamiento dinámico ante el paso de la onda sísmica de futuros eventos sísmicos. Considerando sus condiciones tectónicas, litología y condiciones hidrogeológicas.

Como resultado del análisis e interpretación de la información disponible se conocerá respuesta de los materiales del suelo, su **efecto de sitio**, y las autoridades locales dispondrán de información geosísmica valedera conocer zonas con mayor y menor susceptibilidad a este efecto.

En el contexto de evaluación de amenaza sísmica es importante determinar el **efecto de sitio** que se define como la influencia de las características geológicas, geotécnicas, hidrogeológicas, sísmica y topográficas de los estratos más superficiales, al paso de la onda sísmica (Chavez, 1987).

Con el resultado se facilitará la toma de decisión de especificaciones constructivas, que deberán cumplir edificaciones futuras en el área, de acuerdo a frecuencias, períodos, amplificación que deberán soportar las edificaciones.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Caracterizar los materiales geológicos del área del Graben Aeropuerto con relación a litología, propiedades físico-mecánicas y de comportamiento dinámico ante las ondas sísmicas y posibles **efecto de sitio**.

2.2 Objetivos específicos

- 1) Realizar el reconocimiento de la geología superficial, estratigráfica y estructural (fallas y fracturas).
- 2) Descripción macroscópica de muestra de mano su textura, composición, grado de meteorización y compactación.
- 3) Determinar variación de amplificación relativa y periodo predominante del suelo mediante el Método Nakamura
- 4) Correlacionar información geológica, hidrogeológica, geotécnica y sísmica con registros de Microtremores.
- 5) Realizar una zonificación sísmica del área para llevar a cabo las diferentes medidas de prevención y mitigación.



3. MARCO TEÓRICO

La Geología es la ciencia que estudia la composición, estructura y evolución de la Tierra, a lo largo del tiempo geológico. Su objeto de estudio son los procesos geológicos tanto externos como internos y sus efectos. Parte de los proceso interno es la actividad sísmica que representa una constante amenaza.

Para la elaboración del presente documento se ha considerado abarcar los siguientes aspectos: tipo de información incluida (tectónica, sismicidad, geología local, topografía, geotecnia e hidrogeológica) del área de estudio para un previo proceso de evaluación, la ejecución de prospecciones in situ tanto geológica como geofísica, el uso de registros de microtemores para cuantificar el efecto de sitio; y la aplicación de la técnica H/V o técnica de Nakamura para el análisis de los registros de microtemores.

Posteriormente realizar el análisis, correlación e interpretación de los aspectos antes mencionados constituyen parte esencial del estudio, de ello, para obtener los parámetros y propiedades que definen las condiciones que determinan el efecto de sitio en Graben Aeropuerto.

3.1 Tipo de información incluida

Las zonas localizadas adyacente al margen occidental del Cinturón Circum – Pacífico (Figura 2) se caracterizan por una alta actividad sísmica y volcánica (Figura 7), en el Istmo Centroamericano se manifiesta en el hundimiento de la Placa Coco de naturaleza oceánica por debajo de la Placa Caribe de naturaleza continental en un régimen tectónico convergente llamado subducción.

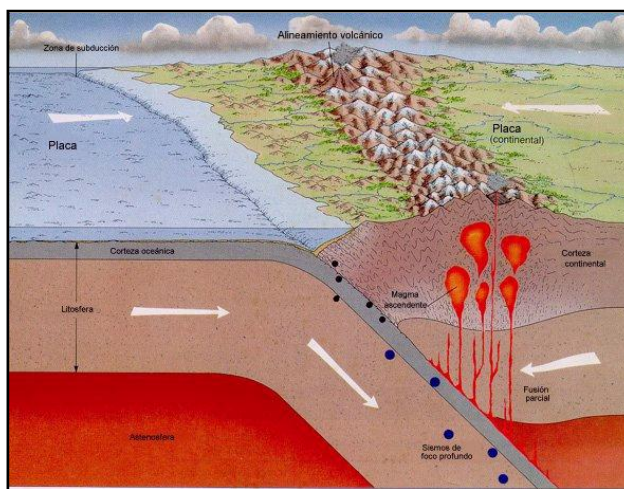


Figura7 Proceso de subducción de placa oceánica con una continental. Principal causa de actividad sísmica y volcánica (Extraído el 4 de Mayo de 2012 desde [http:// www.mediateca.cl.htm](http://www.mediateca.cl.htm))



Las fuerzas generadas en desplazamiento de las placas, someten a los estratos rocosos a grandes esfuerzo de tensión y compresión. Las dislocaciones producidas en este proceso son la principal causa de los sismos y de formación de las principales estructuras geológicas. Así los pliegues, las fracturas, las fallas, la depresiones entre otros son producto del proceso tectónico originado por el movimiento relativo y por la interacción entre placas litosféricas y sus efecto secundarios asociados (Sauter, 1989).

Una fuente sismogenética o fuente sísmica incluye a cualquier fuente sismotectónica según USNRC (1997 a y b) en (González, 2002), esta puede esta constituida por un sistema de falla conocida o cualquier zona generadora de sismo (Sauter, 1989), cuya características son particulares y conocida.

Cuando una fuente sísmica en particular genera un evento sísmico de cierta magnitud se libera energía; parte de la energía se liberada en forma ondas elásticas conocida como ondas sísmicas, la cuales se propagan en todas direcciones y hacen vibrar el terreno, siendo estas percibidas en la superficie como temblores o bien terremoto si provocan destrucción (Sauter, 1989). Cabe mencionar que la energía liberada por una falla como ondas sísmicas representa un porcentaje bajo, alrededor de 1 a 10 % de la energía implicada en la rotura, en la deformación de material de la falla y en la generación del desplazamiento (González, 2002).

Según la ley de atenuación, la intensidad del movimiento sísmico disminuye con la distancia del epicentro (Climent, 1994). Consecuentemente, la sacudida del terreno varía significativamente de un sitio a otro y depende directamente de las condiciones locales (naturales de suelo, topografía, profundidad de nivel freático, etc.) en (González, 2002). Mucha de esta variables afecta la amplitud de las ondas sísmica en general se reconoce que los siguientes aspectos influyen en la intensidad y en la características del movimiento del terreno (Sauter, 1989). Así, las condiciones locales del suelo tienen efecto sobre la amplitud y frecuencia del movimiento en la superficie.

- **Condiciones geológicas** del subsuelo en particular, teóricamente los estudios sísmicos han permitido determinar que el desplazamiento y aceleración asociado a las ondas sísmicas aumenta en la superficie al pasar de un lecho rocoso (alta velocidad) a través de un lecho de un estrato de sedimentos blandos (baja velocidad), el aumento depende de la relación de las velocidades de propagación en los dos medios y de la profundidad de la columna de suelo.



- **Condiciones topográficas** influye significativamente en la intensidad de movimiento sísmico y puede mostrar un efecto de amplificador o atenuador del movimiento, así pues en los borde de los valles, la cresta y en las laderas de las colinas se ha determinado analíticamente un incremento en la intensidad de la vibración en el fondo de los valle, y en cambio, así mismo un efecto atenuador.
- **Condición hidrogeológica** la presencia del agua en los materiales incide en el comportamiento geotécnico de los materiales geológicos (González, 2002).
- **Condiciones geotécnica** de resistencia a la penetración especificado en el numero de golpe N de los registro de SPT determinando el grado compactación de cada unidades geológicas localmente descrita en dicho estudios geotécnico (González, 2002).

3.2 Prospecciones

3.2.1 Geológica: consiste en la caracterización de los materiales geológicos que conforma el subsuelo de la zona de estudio, en cuanto a la distribución en el área y grado de compactación.

3.2.2 Geofísica: consiste en la medición de microtremores para determinar la frecuencia natural, frecuencias y amplificaciones. Posteriormente su correlación de información geológica y geofísica.

3.3 Registros de microtremores para cuantificar el efecto de sitio

3.3.1 Microtremores

También son conocidos como microtrepidaciones, microsismos, ruido sísmico de fondo, campo natural, vibración o ruido ambiental, son vibraciones aleatorias e inducidas en la masa de suelo y roca producida por fuentes naturales y artificiales (Yauri, 2006), pueden definirse de varias maneras:

- a) Por vibraciones en la superficie debidas a la incidencia oblicua de ondas de cuerpo que se propagan en todas direcciones con la misma energía en (Cuadra, 2007).



- b) Una superposición de ondas superficiales, que constituyen un campo estacionario y homogéneo en (Cuadra, 2007).
- c) Ruido ambiental generados por fuentes naturales y culturales, como el tráfico vehicular o la actividad humana (Flores- Estrella, 2004) en (Cuadra, 2007).
- d) Ondas sísmicas con energía relativamente baja, con amplitudes típicas dentro del rango de 10- 3 a 10- 4 mm. (Roberts y Asten, 2004) en (Cuadra, 2007).

3.3.2 Características los microtemores

Los microtemores solo ocurren en un intervalo de frecuencia de 0.01 a 30 Hz., sin embargo, en la exploración geofísica superficial sólo interesa la banda de 0.1 a 10 Hz., ya que en esta banda parte de la energía se transmite como ondas Rayleigh, cuyo modo y velocidades de propagación se pueden estimar y medir con arreglos instrumentales para obtener información sobre la característica de los parámetros elásticos de la corteza terrestre hasta la profundidad de 20 km. (Flores- Estrella, 2004) en (Cuadra, 2007).

3.3.3 Fuente de los microtemores

Generalmente, los microtemores son frecuencia menores a 1 Hz son el resultado de fenómeno naturales la acción la olas, viento, y variaciones atmosféricas (Figura 8); mientras aquellos frecuencia mayores a 1Hz son producido por fuentes culturales como trenes y maquinaria pesada (Yauri, 2006).

3.3.3.1 Fuentes naturales: Entre los más importantes esta el oleaje, el viento, la presión atmosférica y la actividad volcánica, entre otros.

3.3.3.2 Fuentes artificiales: Como el tráfico vehicular y/o trenes, el paso de peatones, maquinaria industrial, etc.

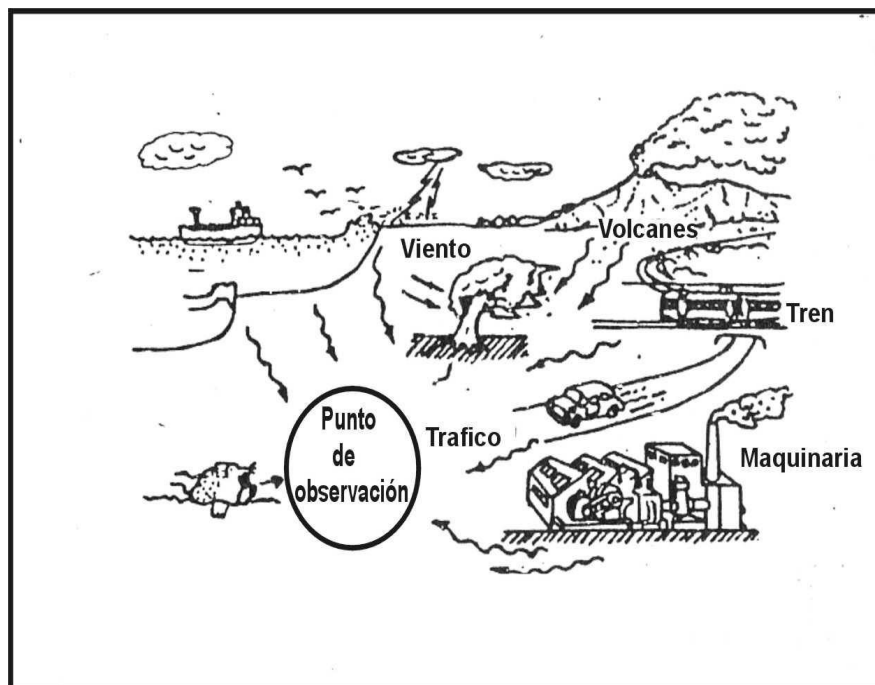


Figura 8 Fuentes generadora de Microtremores: fuentes naturales y artificiales (Yauri, 2006)

3.4 Método de ondas sísmicas superficiales.

3.4.1 Método Pasivo

Son aquellos métodos geofísico basado en el análisis de Microtremores. No requieren que se genere ningún tipo de señal y de una descripción detallada de las capas del suelo, como por ejemplo técnicas aplicada en la prospección sísmica. El objetivo de los métodos de sísmica pasiva es evaluar de forma indirecta y no destructiva la consistencia del terreno, registrando Microtremores. Para ello se utiliza un arreglo bidimensional sobre la superficie o un **solo instrumento**; puede registrarse solo la componente Z o las tres componente del movimiento (X, Y, Z). Basado en la interpretación y el análisis de los registros de microtremores se puedan determinar amplificaciones relativas y períodos dominantes de vibración, la frecuencia fundamental y la amplificación de las capas superficiales (Flores- Estrella, 2004) en (Cuadra, 2007).



3.4.1.1 H/V Nakamura

La metodología H/V, desarrollada por Nakamura en 1989, registra el ruido natural en un sitio mediante el uso de sensores triaxiales de banda ancha. La interpretación de la medida de vibraciones naturales esta basada en la suposición de que el coeficiente espectral entre la componente horizontal y la componente vertical de las microtrepidaciones es una aproximación de la función de transferencia de los suelos. A partir de este procedimiento se puede evaluar los efectos de sitio.

3.5 Caracterización de Sitio

3.5.1 Efecto de Sitio

El peligro sísmico depende principalmente de los siguientes parámetros (Muñoz, 1989): la magnitud del sismo, la atenuación de las ondas sísmicas con la distancia epicentral, y las condiciones locales del suelo en la zona estudiada.

A este último se le conoce como Efecto de sitio o Efectos locales, y se define como la influencia de las condiciones hidrogeológicas, geológicas, geotécnicas y topográficas de los estratos más superficiales de la corteza terrestre en las características de los movimientos sísmicos esperados para un sitio determinado (Chávez *et al.*, 1987) en (Lermo, 1992). Y se puede suponer una respuesta sísmica diferente dentro del entorno geográfico considerado (González, 2002). Las propiedades físicas de los estratos determinan en gran medida la amplitud, contenido de frecuencias y duración del movimiento. Su determinación es de gran importancia en la zonificación sísmicas, la planificación y el diseño sismorresistente

3.5.2. Modificación del movimiento del terreno:

Las condiciones locales pueden ser muy importantes, pues estas determinan la probabilidad que se produzca: la amplificación de las señales sísmica, las roturas superficiales por fallas, licuefacción de suelo y desplazamiento. En el caso de de la **figura 9** (González, 2002) seria las siguientes:

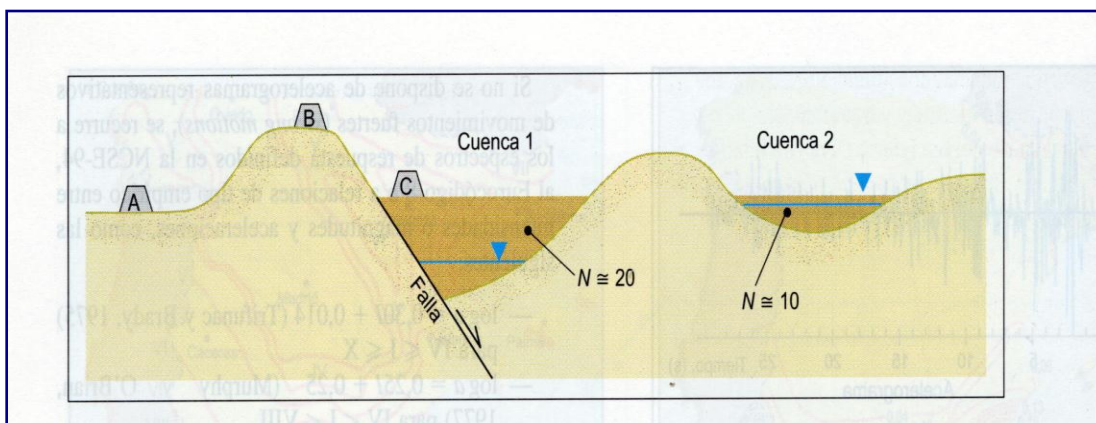


Figura 9. Ejemplo de la influencia de las condiciones locales en la respuesta sísmica (modificado por Dowrick, 2000 tomado en González, 2002)

- A mayor **profundidad del suelo**, mayor amplificación de la aceleraciones y mayor periodo (cuenca 1 > cuenca 2)
- Las propiedades de los suelos influye en la amplificación: cuenca 2 ($N = 10$) más blando que la cuenca 1 ($N = 20$), y mayores amplificaciones.
- El **efecto topográfico** puede aumentar las aceleraciones (Punto B mayor que el punto A).
- La cercanía de una **falla activa** puede amplificar las aceleraciones e inducir a la rotura superficial (Punto C).
- La presencia del **nivel freático** alto y suelo blando (cuenca 2) puede suponer un riesgo de licuefacción.

3.6 Microzonificación Sísmica.

La microzonificación sísmica es un método de gran importancia en los estudio de Amenaza sísmica en zonas urbanas. La cual consiste en la identificación y caracterización de las unidades litológicas, generalmente suelos cuyas respuesta dinámica frente a terremotos son semejantes. Los aspectos más significativos en los estudios de microzonificación son: las condiciones geológicas, las propiedades geotécnicas de los materiales geológico, condiciones sísmicas, profundidad del nivel freático y condiciones topográficas que pueden amplificar la respuesta sísmica (González, 2002).



3.7 Técnica Aplicada

3.7.1 Técnica de Nakamura o H/V

Existen varios intentos de investigación, pero no se ha establecido una teoría adecuada de interés, en relación al tipo de movimiento de ondas que caracteriza al ruido cultural, el cual se considera como un tren de varios movimientos de onda que provienen de diferentes fuentes.

El movimiento de un terremoto se expresa en la razón (A_h/A_v) donde movimientos horizontal y vertical de un terremoto esta intimamente relacionado a las condiciones de suelo de un determinado punto o área de observación.

Se considera que (A_h/A_v) está próximo a "1" para suelo firme. Desde éste punto de vista, ninguna amplitud prevalece en una dirección específica sobre suelo duro (roca) con el ruido sísmico.

La división de la componente horizontal y vertical del ruido, se considera que son iguales el uno al otro. El efecto amplificador ocurre en las capas de suelo blando acumuladas sobre roca.

La componente horizontal es amplificada por multiflección de la onda S mientras que la componente vertical es afectada por la onda P. La velocidad de ondas P es generalmente la más alta (de alrededor de 1000 m/s), y el ruido sísmico de alrededor de 10 Hz o menos; y puede ser amplificados a través de multireflección en capas superficiales de varias decenas de metros en la mayoría de espesores.

El efecto de las ondas Rayleigh, por otro lado, parece notable en la componente vertical. De acuerdo, al grado de su efecto puede saberse determinando la razón de la componente vertical del ruido entre la superficie y el subtrato (roca). Es decir, el efecto de las ondas Rayleigh está próximo a cero cuando la razón es aproximadamente "1". Con un incremento en la razón, los efectos de las ondas Rayleigh pueden llegar a ser más críticos (Nakamura Y, 1989). La eliminación de los efectos de las ondas Rayleigh se estudia usando éstas razones.



3.7.2 Función de transferencia.

La función de transferencia S_t de capas superficiales se define generalmente como sigue:

$$S_t = S_{hs}/S_{hb}$$

Donde S_{hs} y S_{hb} son respectivamente el espectro de la componente horizontal de la onda en superficie y el espectro de la componente horizontal de la onda incidente desde el subtrato a la capa superficial. Pero S_{hs} es afectado realmente por la onda superficial. Puesto que el ruido artificial se propaga mayormente como onda Rayleigh, S_{hb} del ruido puede ser afectado por este tipo de onda. El efecto de las ondas Rayleigh debe ser incluido en el espectro de la componente vertical S_{vs} en la superficie, pero no debe ser incluido en el espectro de la componente vertical S_{vb} en la roca. Asumiendo que la componente vertical no es amplificada por las capas superficiales, la cantidad E_s definida abajo deberá representar el efecto de las ondas Rayleigh sobre la componente vertical del ruido:

$$E_s = S_{vs}/S_{vb}$$

Si no existen ondas Rayleigh, $E_s = 1$. E_s tomará un valor mayor que "1" cuando exista un incremento de las ondas Rayleigh.

Asumiendo que el efecto de las ondas Rayleigh es igual para las componentes vertical y horizontal, S_t/S_s puede considerarse como la relación que ofrece una función de transferencia más aceptable S_{tt} después de la eliminación de los efectos de las ondas Rayleigh.

Es decir: $S_{tt} = S_t/S_s$

donde $R_s = S_{hs}/S_{vs}$

$$R_b = S_{hr}/S_{vr}$$



R_s y R_b fueron obtenidos de la división de los espectros de la componente horizontal y vertical del movimiento de ondas (Figura 10), correspondientes respectivamente a ruido sísmico en superficie y el subtrato. Es decir, en la roca firme, la propagación todavía es en todas direcciones.

Es decir $R_b \cong 1$

Por lo tanto $S_{tt} \cong R_s$

Esto significa que la función de transferencia de las capas superficiales puede ser estimada del movimiento de ondas en superficie solamente. En otras palabras, la componente vertical del movimiento sobre la superficie retiene las características del movimiento horizontal del subtrato, hasta aquí, substituyendo lo último. Las ondas Rayleigh actúan para anular tal substitución. Pero R_s llega a ser mayor o menor que "1" en el rango de frecuencias donde las ondas Rayleigh prevalecen y así ésta no es considerable en la función de transferencia estimada. Puede presumirse entonces que R_s incluye lo necesario para eliminar los efectos de las ondas Rayleigh (Nakamura, 1989).

R_b deberá estar libre de los efectos de las ondas Rayleigh y tener las características únicas del punto (y también las características únicas del terremoto cuando se esté usando la forma de onda de este).

Consecuentemente, una S_{tt} más aceptable puede ser estimada por la multiplicación del término $1/R_b$ como término de compensación cuando son obtenidos mediante la medición del suelo.

Hasta ahora hemos descrito una discusión en términos del rango de frecuencias. Lo mismo se aplica al valor máximo. Es decir, el aumento de la amplificación del valor máximo horizontal a través de las capas superficiales puede ser estimado de la razón entre valores máximos horizontal y vertical en la superficie.

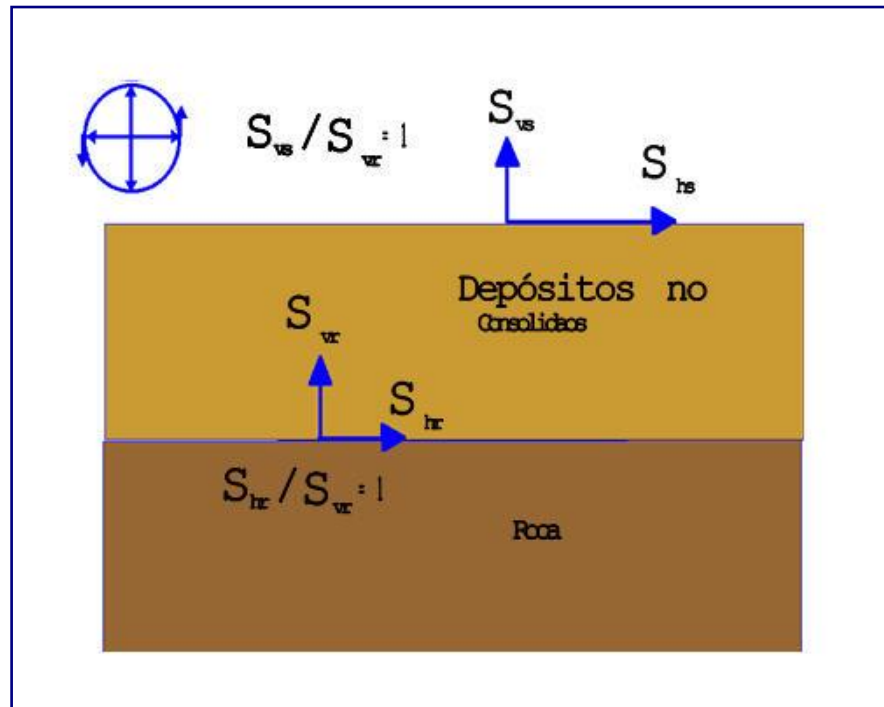


Figura 10 Principales suposiciones de la técnica de Nakamura (1989) (que denominaremos SSSR), para el cálculo de la amplificación del movimiento horizontal usando ruido cultural

$$S_{hs} / S_{vs} \approx S_{hs} / S_{hr}$$

Principales suposiciones de la técnica de Nakamura (que denominaremos SSSR), para el cálculo de la amplificación del movimiento horizontal usando ruido cultural.

Se considera también que el movimiento de ondas en el subtrato es igual en todas direcciones por causas de la refracción local después de la ocurrencia del movimiento principal del terremoto.

Esto por lo tanto hace posible estimar las características dinámicas de las capas superficiales usando ruido ambiental observado en superficie de acuerdo al método anteriormente expuesto. En nuestro estudio utilizaremos el término SSSR (Razones espectrales para una estación) para referirnos al método de Nakamura.



3.8 Principales aplicaciones de los estudios de efecto de sitio.

Los estudios de peligrosidad sísmica implican a múltiples disciplinas y actividades. Donde las principales aplicaciones son las siguientes:

- **Selección de emplazamiento:** Criterio sísmico, geológico y geotécnico para la selección de emplazamiento para presas, plantas industriales y centrales de energía.
- **Planificación territorial y urbana:** Zonificación sísmica regional y microzonificación sísmica urbana (**mapa de microzonificación**) para la elaboración de normativas, diseño sismo-resistente y uso de suelo.
- **Prevención sísmica y medidas de mitigación:** El objetivo es adoptar criterios para evaluar pérdidas o daños, que pudieran producirse como consecuencia de probables terremotos. Los estudios más característicos, son vulnerabilidad de estructuras, edificios instalaciones, estimación posibles pérdidas y propuesta de medidas de prevención y mitigación.



4 METODOLOGÍA

La metodología del presente trabajo se desarrolló en tres etapas principales:

4.1 Primera etapa de gabinete consistió:

- Recopilación de la información bibliográfica disponible: en Estudios geológico, en informe de geotecnia, en estudios hidrogeológico, tectónica y sísmica, teniendo como objetivo la interpretación, el análisis y el procesamiento de la información previa.
- Interpretación de los mapas geológicos, topográficos y fotos aéreas con el objetivo de establecer los puntos bases o de interés tanto para la caracterización geológica como para la evaluación del efecto de sitio.
- Preparación de los equipos tanto geológico como geofísico (GeoSIG), los cuales fueron utilizados en los respectivos levantamientos de campo.

4.2 Etapa de campo

El recorrido se realizó considerando las facilidades de acceso de manera que se pudiera recopilar la mayor cantidad de observaciones de campo.

4.2.1 Prospección geológica

Se realizó:

- La inspección de 81 afloramientos disponible en cortes camino y cauce (**anexo1**), representado en una tabla de afloramientos (**anexo2**).
- La descripción de trinchera hecha por consultores privados y ejecución de 1 calicata (**anexo3**).
- La descripción macroscópica de muestra de mano de los materiales geológicos, -textura y composición- grado de compactación y la asignación de su nombre correspondiente



- La caracterización de los materiales geológicos superficiales considerando los cambios litológicos de los mapas locales disponibles geológico – estructural; y su relación con procesos geológicos externos e internos. De esta se manera se estableció una red de puntos para mediciones de Efecto de sitio.

4.2.2 Prospección geofísica

- Desarrollo una red de punto de medición de microtemores basados en la Técnica de Nakamura. Donde las primeras mediciones fueron realizada a 1km de distancia, posteriormente se opto en realizarse a cada 2km de separación.
- Para la ejecución de las mediciones de efecto de sitio se utilizó un sismógrafo marca GeoSIG (Figura12) el cual registra mediciones en las componentes N, S, E, W y verticales (anexo 4).



Figura11. Equipo para realizar las mediciones de microtemores GeoSIG (GBV-316/GBV-116 Seismic Recorder)



- En el campo se procedió primeramente a orientar el equipo hacia el Norte Geográfico para lo cual se utilizó una brújula, a continuación se tomaron las coordenadas UTM WSG89 con GPS GARMIN MAP 60.
- Se recolectaron 91 puntos mediciones esparcidos en el área de estudio y en días dispersos (**anexo 5**). Respectivamente cada uno de estos registros contienen de 15 a 20 señales espectrales, variando el intervalo de recepción en 10 a 15 minutos según la fuente generadora de microtemores.

4.3 Segunda etapa de gabinete

Consistió en el procesamiento, análisis e interpretación y correlación de la información, a partir de la información utilizada, así como de los datos obtenidos en las prospecciones tanto de geología de campo geofísica.

4.3.1 Procesamiento, análisis e interpretación de la información de los datos de microtemores.

El procesamiento de los datos adquiridos en el campo se llevó a cabo mediante el uso de las siguientes aplicaciones:

4.3.1.1 DivGeo SIG 2008 V5 (Transformar los archivos GSR a archivos de Seisan)

❖ Transformar GSR.

Paso 1 Hacer un DIRF de los archivos. * GSR

Lo siguiente es transformar estos datos archivos INSERTAR FILENR.LIS cuando se hace DIRF.exe (Transformar formato) de todo los archivos que vienen del equipo GeoSig. (Figura, 13)

Corre GSRSEI1.EXE de TURBO PASCAL - 5 de Octubre de 2002...en TURBO/EXE. Es importante: Insertar archivo GSRSEI.DAT en RUTA donde estén los que se Transformarán. Con una LIINEA dentro corresponde <<< FILENR.LIS más ENTER...>>>...



❖ Visualizar formas de ondas

Paso 2 Corre para el programa MULPLT para ver los archivos transformados

MULPLT de SEISAN. Se observan cuales archivos serán usado para el calculo con ayuda del programa.

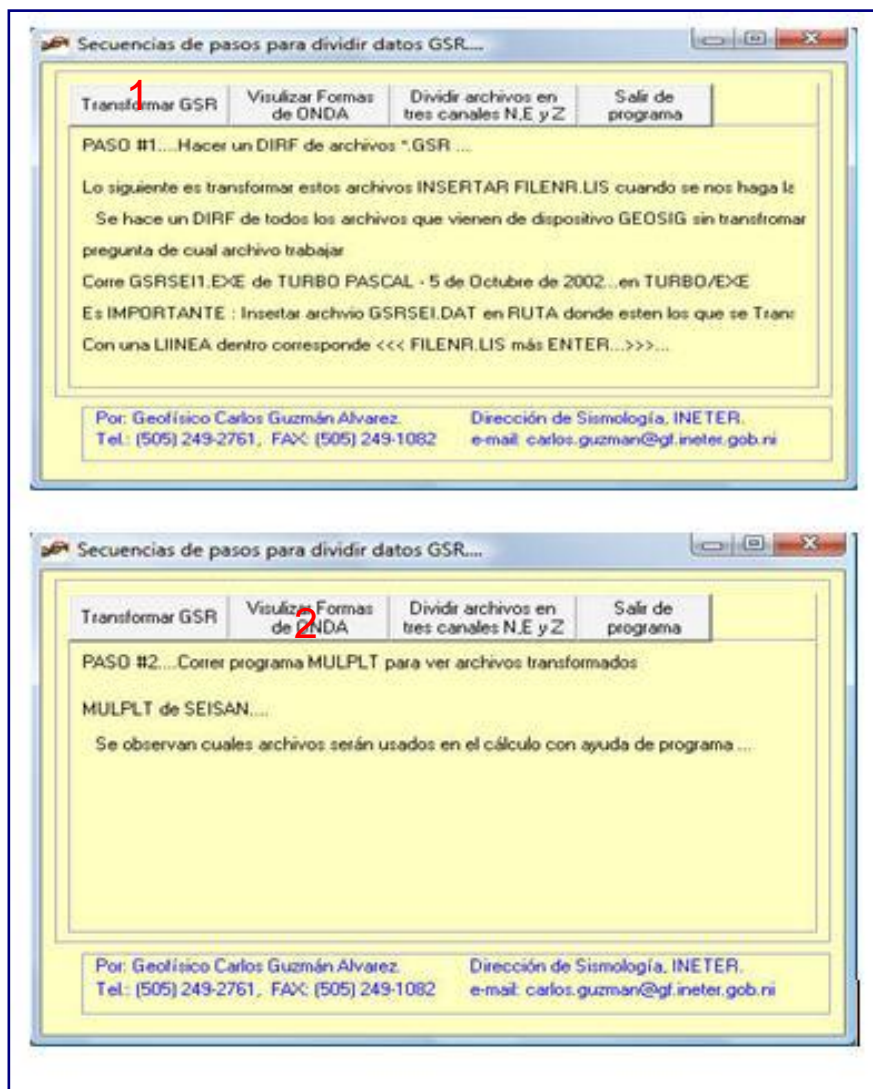


Figura 12 Se muestra la aplicación del programa DivGeo SIG 2008 V5 (Transformar los archivos GSR a archivos de Seisan)



4.3.1.2 VerEspctrosNaka_CM V8. Respuesta dinámica de suelo (espectros de Nakamura)

Con esta aplicación los registros son procesados, análisis e interacción y graficados. Dicho análisis se realiza mediante el análisis visual correspondiente la frecuencia, frecuencia natural, amplificación para cada uno de los registros.

Dicha aplicación consta de tres sub-rutina: **a) Dibujar Espectro promedio solamente, b) Carga espectro con logaritmo 0.5 a 5 c) Cargar Espectros con logaritmo 0.5 a 10.** Para caso solo se utilizara la sub – rutina c.

1. Cargar Espectros con logaritmo 0.5 a 10. (Figura 14 a)

Activándose así una nueva ventana **Dibuja Espectro de Nakamura** que contiene dos aplicaciones

2. Buscar espectros Nakamura promedio de Spec_ave_s_e_xxx_s_z.

3. Crear figura para INFO WORD

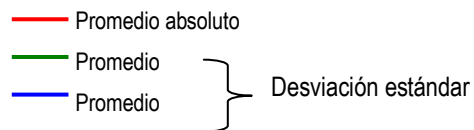
4. Buscar todos los espectros Nakamura Spec_all_xxx_s_e_xxx_s_z. Esta aplicación garantiza archivos formato de Excel contiene el número de espectros analizados cada uno de los archivos (Figura 14b)

5. Crear figura para INFO WORD

6. Visualizar el pico característico: Con esto se obtiene el pico característico de los espectros
a. frecuencia natural **b.** XHz frecuencia **c.** amplificación



Figura 13.a Muestra la aplicación para visualizar solo los espectros promedios.



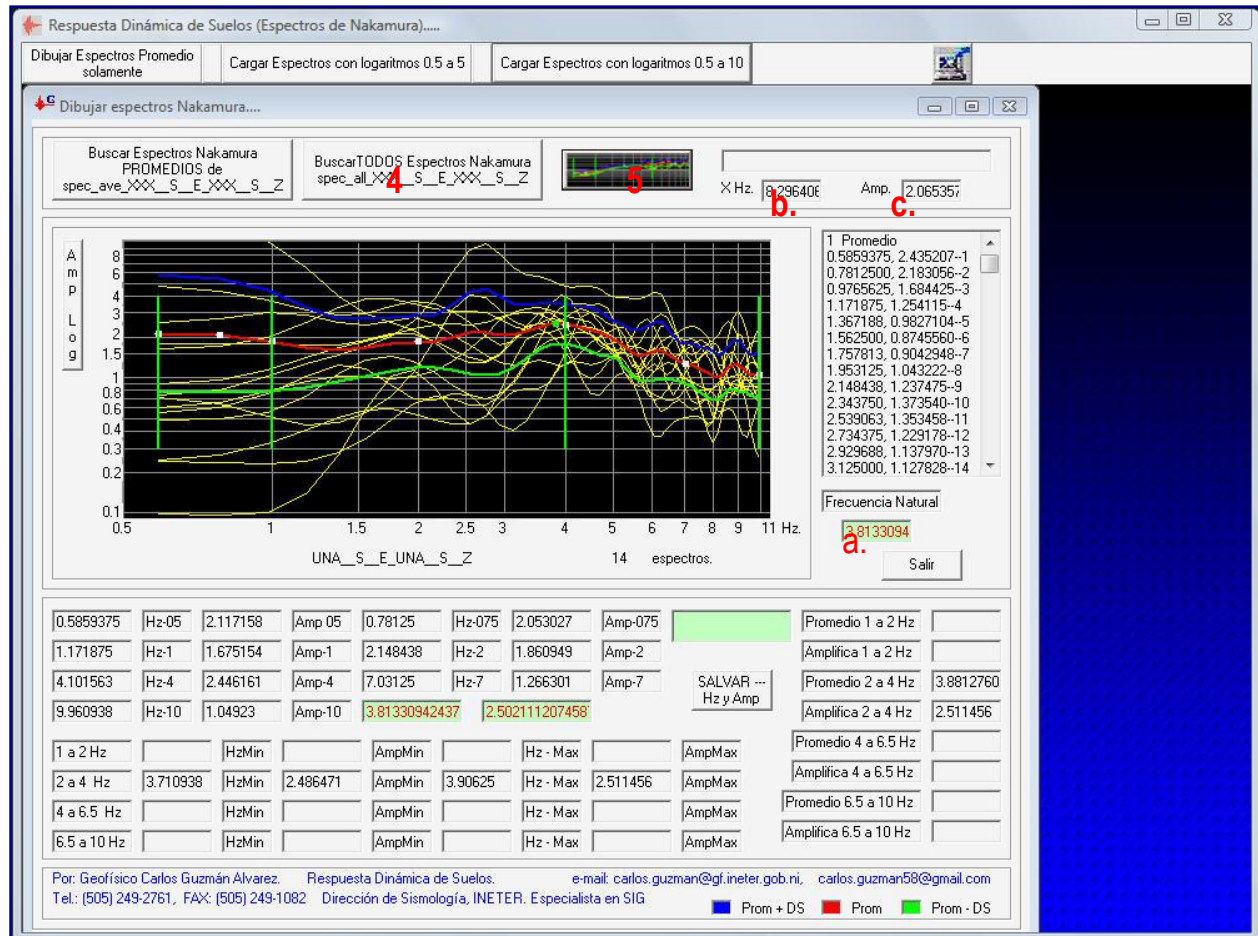
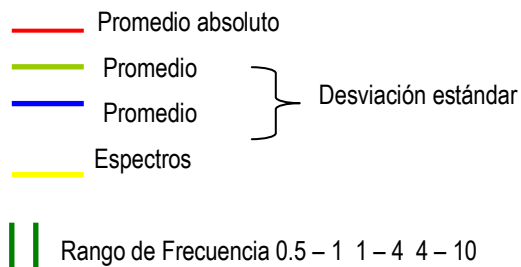


Figura13 b. Muestra el conjunto de espectros Nakamura contenido en cada uno de los archivos.





4.4 Análisis, interpretación y correlación de la información.

4.4.1 Análisis de la información utilizada

- Inventario de estudio por fallamiento superficial de Managua y sus alrededores (**anexo 6**). Se análisis e interpretación de la distribución de los materiales geológicos que conforman secuencia estratigráfica (**anexo 7**).
- Geotécnico: Se determino (**anexo 8**) el comportamiento físico - mecánico de los materiales geológicos.
- Hidrogeológico: Se determino la variación en los niveles de freático mediante la digitalización de la curva piezométrica tomada del JICA-1993, datos proporcionados por INETER y de observaciones de campo.
- Sísmico: Se analizo e interpreto el comportamiento de una señal sísmica registra en dos estación sísmicas de un evento proveniente de una zona sismo generadora en particular.
- Información SIG (Sistema de información geográfica) se utilizó para elaborar el mapa de relieve considerando los aspectos (altura, pendiente).

4.4. 2 Correlación de la información.

- Correlación la información obtenida en el campo mediante la prospección geológica y geofísica.
- Correlación de la información utilizada y resultados de las prospecciones geológica – geofísica.



4.4.3 Elaboración de información preliminares.

- Informe preliminar
- Digitalización de mapas preliminares tanto geológicos como efecto de sitio a escala 1:50,000; utilizando el Sistema de Información geográfica (SIG) del software ArcGis 9.2 con ayuda algunos elementos de base datos SIG – Georiesgo (INETER).
- La digitalización de las columnas estratigráficas se utilizará el software AutoCad 2007.

4.4.4 Elaboraciones de la información final.

- Elaboración del documento final
- Digitalización de mapas.
 - Mapas complementarios (Mapa de ubicación de la información utilizada)
 - Geológico a escala 1:50000
 - Efecto de sitio a escala 1:50000 (Amplificación relativa y periodo predominante)



5 RESULTADOS

5.1 Geología general del área de estudio

El área del Graben Aeropuerto es una extensa zona de transporte y deposición de sedimentos. Dada su característica, de relieve bajo y hundido es sujeta a la remoción y retrabajamiento de los materiales por repetidos procesos superficiales naturales de carácter hidrológico, producto antropogénico de actividades agrícolas.

Sus productos volcánicos, en su mayoría de origen explosivo piroclástico, han sido estudiados por diversos autores (mencionados en los antecedentes) quienes con sus estudios han contribuido a la historia geológica regional de Nicaragua, así como de la estructura geológica locales, caracterizando el denominado Graben Aeropuerto.

Otras fuentes de conocimiento son una buena cantidad de estudios geológicos locales, ejecutados a través de consultoría para efectos de construcciones de obras de ingeniería para viviendas o infraestructura industrial.

Haciendo mención de las características geológicas macroscópicas de las diferentes unidades de geológicas que se distribuyen dentro del área de la cuenca del Graben Aeropuerto (**Figura 15**).

5.1.1 Material de cubierta (Qsr, Qv)

Denominado a los materiales que se derivan de procesos de meteorización física y química de rocas expuestas de manera natural o que han sido removidos o transportados por corrientes de agua y luego sedimentados; y se presentan en la superficie como suelos residuales orgánicos. Estos se encuentran en la superficie como suelo residual orgánico.



Los segundos, en cambio son la mayoría debido a la dinámica particular de la cuenca o han sido removidos durante las actividades agrícolas. Se tratan de materiales conformados por granulometría del tamaño de grava a limo en su mayoría presenta baja compacidad. Se observan en la superficie en los taludes de cauces fluviales, que durante la estación de lluvias drenan a lo largo del graben en dirección al Lago Xolotlán. En la pared oeste del cauce Borbollón (591401E – 1338752N) se aprecia terraza aluvial (**foto1**) compuesta por arena – gravas con estratificación cruzada, esto evidencia los materiales fue depositado por un efecto la energía de corriente.



Foto1 Pared oeste del cauce El Borbollón (591401E – 1338752N) se observa una terraza aluvial compuesta por arena – gravas con estratificación cruzada.



5.1.2 Sedimentos cuaternario aluvionales (Qal)

Se encuentran expuestos en los cauces de los drenajes, la secuencia litológica esta constituida sedimentos de granulometría muy fina de las fracciones de arenas finas, arcillas y limos con clastos de arena gruesa, en lo cual esta inversos fragmentos redondeados hasta del tamaño de bolón de roca volcánica o de toba.

Estos fueron depositados durante los eventos de crecida de las corrientes en zonas de llanura de inundación (**foto 2**), se encuentra localizada y distribuida en la parte en central del graben.



Foto2. Sedimento cuaternario aluviales constituido por matriz areno – limosa de color claro inverso se encuentra fragmento de diversa composición y diámetro, la forma de fragmento varia de redondeado, sub angulares.



En la excavación los depósitos corresponden a una secuencia de capas horizontales de textura variables a arenosa, limosa y arcillosa; sus combinaciones que incluye diversos tamaños de grano, sobre todo, cuando la corriente arrastra una carga de sedimentos grueso en cauces individuales.

Es frecuente encontrar una secuencia de suelos transportados en su mayoría de textura arenosa - limosa intercalado con suelos fósiles (**foto3**). Sus espesores son variable no mayor a un metro; pero es posible encontrar mayores, en particular en la zona relacionada con el eje de deposición de la cuenca, en la parte central.

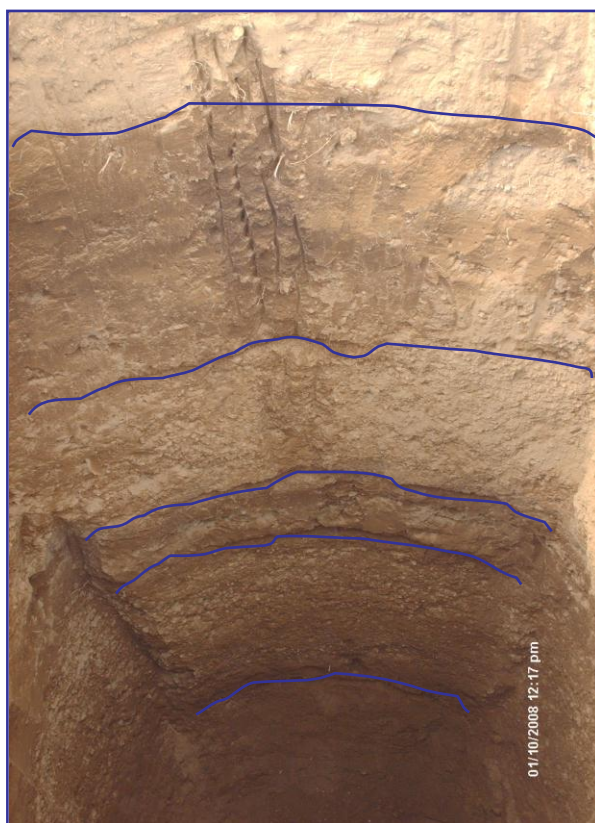


Foto3. Calicata realizada dentro de la depresión (591810E – 1337453N), secuencia estratigráfica conformada por depósitos aluviales con intercalación de suelos fósiles, no se observa las unidades característica del Grupo Managua.



5.1.3 Bloques de rocas volcánicas

Se menciona la presencia de bloques de roca volcánica que se distribuyen en forma dispersa, sea de manera aislada o concentrada, en la zona central del área. Su ocurrencia es bastante notoria, al Sur en Valle Gothel, en la localidad de Veracruz, cercano al poblado de Sabana Grande.

Su dimensión y composición es variable. Miden hasta unas decenas de centímetros a casi dos metros de diámetro; de basalto, andesita y clastos de lava basáltica escoriácea y basalto andesita (**foto 4a, 4b**). Estos contenidos y soportados en una matriz arenosa gruesa y bien compactada, que se deriva de un alto grado de dureza y resistencia.

Su amplia distribución y localización, aislada asociadas a factores naturales, como humanos. Debido a arrastre y transporte durante grandes inundaciones, como a disgregación a causa del enfriamiento y meteorización física de flujos de lava basáltica emitidos por el volcán Masaya. Por otro lado remoción y apilamiento durante laboreos agrícolas.



4a)



4b)

Foto 4a. Bloques compuesto por basáltica y toba. **Foto 4b.** Los Bloques de toba esta compuesta por una matriz arenosa con abundantes fragmentos piroclásticos. Dicho bloque se encuentra dispersamente distribuido en la parte central del graben en las localidades Veracruz, Valle Gotel y parte de Sabana Grande.



5.1.4 Flujos lávicos (QI)

Representando una serie de coladas de lava de composición basalto andesita. En la parte superior define como un flujo de escoria de textura vesicular (**foto 5**), de color negro, composición basáltica, que rompe en bloques angulares de diámetro que varía de 0.20 a 0.50m. Es frecuente observarse las cavidades vehiculares son rellenas por coloraciones blancas a rojizas.

En la parte inferior o basal presenta una apariencia homogénea y masiva, aunque con abundantes fracturas en diversas direcciones que se asocian a enfriamiento lento del magma caliente (**foto 6**). Esta unidad de roca volcánica, se extiende de Sur a Norte, procedente de su fuente de emisión reciente del volcán Masaya de tiempos de la colonia.

Las mejores exposiciones de este material se localizan en las comunidades Monte Carmelo con código G38 (593929 E -1338277 N), la localidad El Portillo G54, en donde se observa claramente su contacto con depósitos de flujos piroclásticos con código (593125 E - 1334425 N), y sobre todo en la localidad de Veracruz G51 (588650 E -1333214 N).



Foto5. La línea roja marca el contacto entre el Flujo lávico y el depósito de flujo piroclástico, ubicado en la localidad El Portillo código G54 (593125 E - 1334425 N)



Foto6. Flujo lávico en la parte superior se presenta en forma de escoria y en la base de masivo. Ubicado en la localidad de Monte Carmelo G38 (593929 E -1338277 N). Este depósito se explota para material de construcción

5.1.5 Escorias y cenizas

Conformado por una serie de pequeños centros volcánicos, dispuesto en forma alineada con rumbo sur – norte, la génesis estos centros volcánicos se relacionan una zona de erupciones fisural que se desarrollada en zona de debilidad tectónica; caracterizado por presentar fase nomogenética y morfología cónica relativamente erosionada.

5.2.5.1 Escoria: Constituido por la acumulación escoria textura vesicular, de coloración negra – rojizas, esta se localizan de alineados la parte Sur, aflorando en las localidades de Veracruz – Piedra Menuda (591074E - 1339957 N) y El Principio. Destacándose entre esto el Cerro Mosintepes (592804 E - 1337355 N), conformado escasa capa de suelo residual y por dos capas de escorias volcánicas textura vesicular, dispersamente rellena por la oxidación minerales secundario. Presenta estructuras pseudo estratificadas, con un espesor total de 15 m (**foto 7**).



Foto7 Cerro Mosintepe (592804 E -1337355 N) constituido la acumulación de escoria, la coloración varia rojizo a negro, presenta una estructura seudo estratifica, por dimensione se considera el mas grande dentro de este tipo de estructura.

5.2.5.2 Cenizas: Esto se caracteriza una serie centros volcánicos, dispuesto en forma alineada, ubicada en el alineamiento volcánico Veracruz – Sabana Grande, extendiéndose aproximadamente 1.50 Km hacia el norte, el cual inicia con el Cerro Veracruz de considerable altura y disminuye hacia el Norte.

Cerro Veracruz conformada por un deposito freatomagmático (**foto 8**) ubicado en coordenada (590347E 1337077N) constituido principalmente por arena y cenizas; dispuesta en secuencia cíclica de estructuras planares. Las finas capas arenas presentan gradación inversa y normal con espesores en centímetros, eventualmente intercalada por finas capas de cenizas endurecidas grises, inverso se encuentran abundantes fragmentos angulares de variable tamaño y composición (basáltica y escoria); geomorfológicamente corresponde a cono cinerítico.

Presenta también pequeñas vetillas color blanquecino de composición calcárea que se asume ser originada por el ascenso de soluciones ricas en calcio conocidas como caliche. Así mismo se observo también este depósito al NW de este Cerro Veracruz en las coordenadas (589075E - 1340147N) subyaciendo a la Toba El Retiro y Toba Ticuantepe (**foto 9**).



Foto8. Deposito freatomagmático constituido una secuencia cíclica de finas capa de arena que muestra alternancia en gradación de inversa a normales, encontrándose intercaladas eventualmente con finas capas de cenizas compactas.



Foto9 Deposito freatomagmático localizado al Noroeste del Cerro Veracruz (589075E - 1340147N) corresponde lineamiento estructural Veracruz – Sabana Grande.



5.1.6 Escoria última (Heu)

Este depósito se caracteriza por presentar estructura planares o finas capa, compuesta por escoria y ceniza. La ceniza forma finas capas que dividen a las escorias del tamaño lapilli de color negro, presenta buena selección, carece de matriz que sirve de cemento, por lo que los granos están soportados grano a grano, tiende a ser fácilmente deleznable. Su génesis se asocia a un evento explosivo formando un depósito de caída.

Esta unidad se localiza al suroeste observándose en las coordenadas (58666E - 1332699N) con espesores de 0.30 m, Costa Oeste Tip – Top (588562E - 1330963N) 0.20m, Urbanización Toscana comarca los Vanegas (588362E - 1336070N) con un espesor aproximado de 0.90m, camino rumbo a Esquipulas (587174 E - 1334455 N) 0.40m.

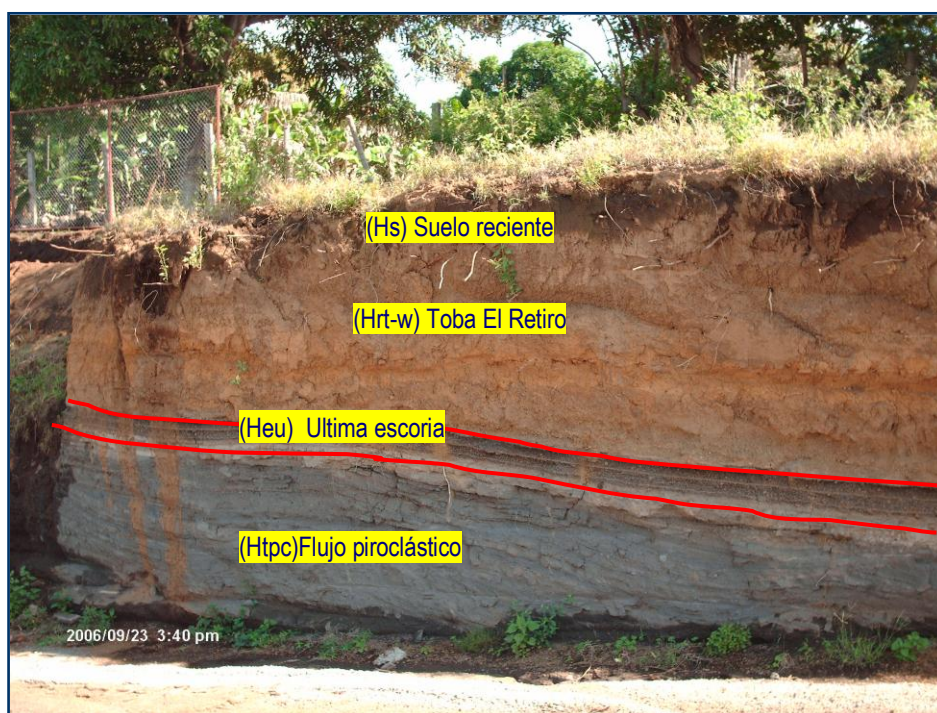


Foto 10. Secuencia estratigráfica en la base se observa flujo piroclástico sobreyacido por última escoria, localizada en el costado oeste de la planta industrial TipTop. Actual bodegas y oficina de OCAL.

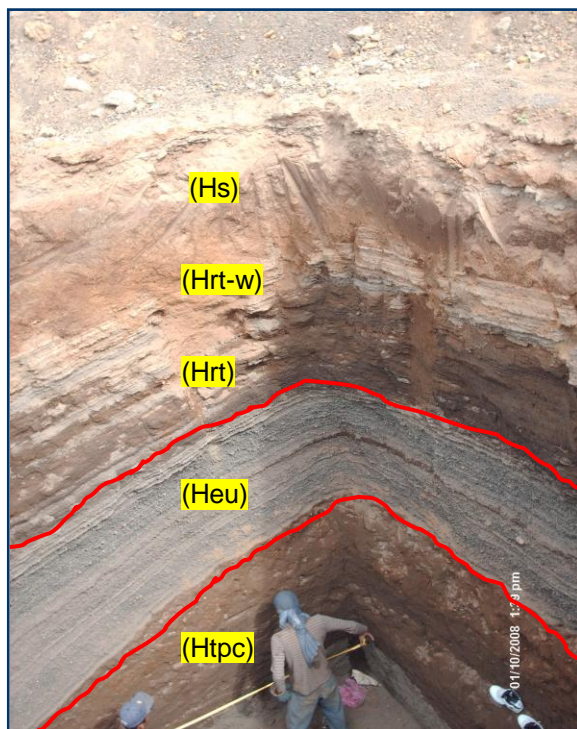


Foto 11. Secuencia conformada por Toba, escoria, tobas y suelo reciente. Excavación abierta con el propósito de fosa séptica Residencial Toscana (588362E - 1336070N).

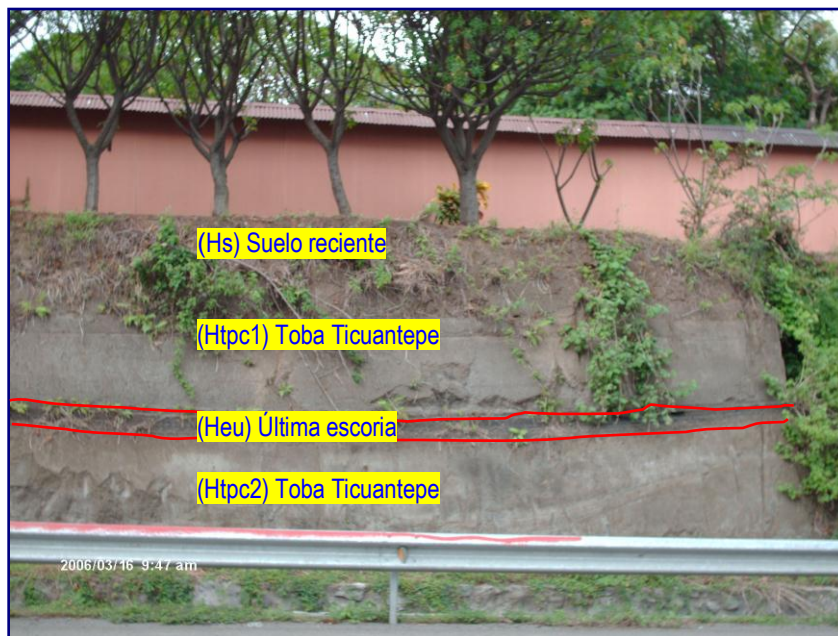


Foto 12. En corte se longitudinal conformado por (Htpc) Toba Ticuantepe centro se encuentra (Heu) la ultima escoria Carretera Managua – Masaya (586664E - 1332699 N), código G26.



5.1.7 Formación Toba El Retiro (Hrt)

Esta unidad de roca piroclásticas, compactada caracterizada por su amplia distribución en el área del Graben de Managua, en donde es considerada como unidad guía de la estratigrafía regional (**foto13**), a veces expuesta en la superficie; otras por debajo de suelos recientes de poco espesor.

Se caracteriza por ser un estrato de ceniza masiva, su coloración varía gris claro en la parte basal a amarillenta a marrón en la parte superior debido a la meteorización. El fracturamiento observado en la superficie de la unidad posiblemente se deba al rápido enfriamiento del depósito, esto provocando la formación de bloques, al encontrarse expuesta directamente a los agentes externos, provoca la formación de suelo café amarillento conocido por talpetate. Su espesor promedio oscila entre 0.30m a 1.00m. En la base de esta unidad hay un alto contenido de lapilli acrecional o pisolitos. Su origen se debe a la caída de cenizas de columnas eruptivas del volcán Masaya, sus espesores están en función del relieve del terreno.

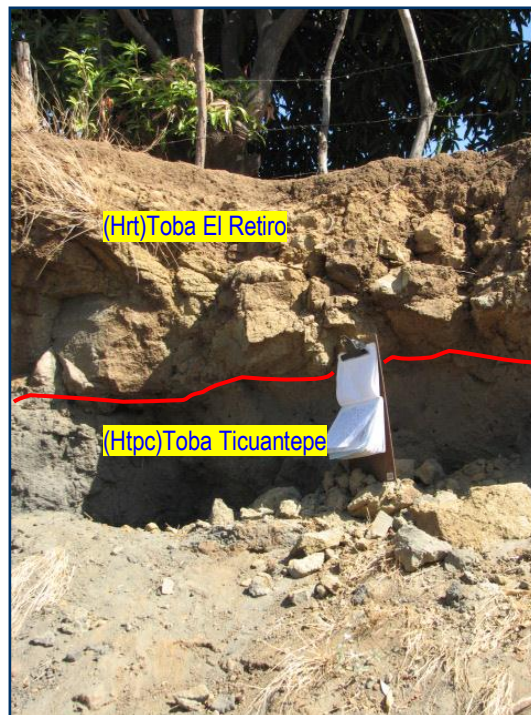


Foto13. Corte longitudinal en carretera hacia Sabana Grande, Toba El Retiro en contacto sobreyacente con Toba Ticuantepe (588113 E - 1340317 N) código G1.



5.1.8 Toba Ticuantepe (Htpc)

Se trata de una toba de similar composición, esta se presenta siempre se presenta sobreyacida por la Toba El Retiro.

Esta unidad esta constituida principalmente por arena y ceniza, se caracteriza por estar formada por deposito de flujos piroclásticos forma capas masiva de compactación considerable y depósitos tipo base surge, que esta constituido por materiales muy fragmentado, tamaños ceniza gruesa. Presenta buena laminación y estratificación tipo cruzada (**foto 14**). Su génesis producto de una erupción pliniana del Volcán Masaya. Se ha observado siempre por debajo de las tobas amarillas y grises.

Su distribución es amplia encontrándose en el extremo SE, SW, notable pero escasa en el extremo NE. Los principales afloramiento Carretera Masaya – Managua (586500E – 1333125N), Proyecto Ciudad Real (589815E – 1334725N), Los Altos, Masaya (597083 E - 1331851N), Camino del Río (5875200E - 1337750N)



Foto 14. Secuencia Ticuantepe compuesta por ceniza y arena gris perteneciente a depósito de flujo y depósito de base surge. Ubicado en las coordenadas (589815E – 1334725N).

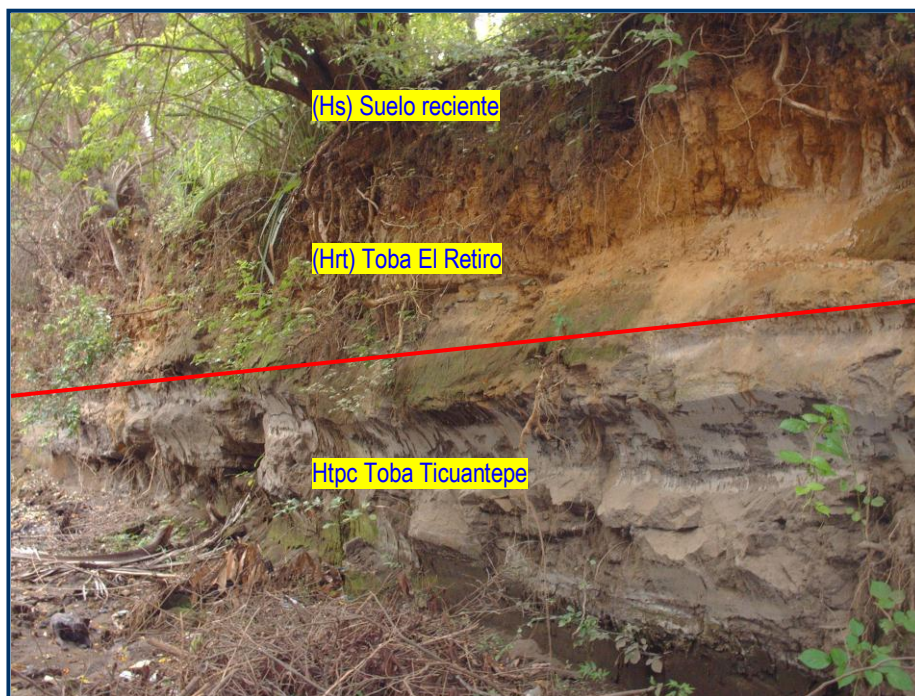


Foto15. Contacto entre la Toba Ticuantepe textura fina, estructura masiva sobreyaciada por la Toba el Retiro y suelo reciente. Ubicada en Camino de Río (5875200E - 1337750N).

5.1.9 Formación San Judas (Hsj)

Al igual que la Toba El Retiro, es también una capa guía de la estratigrafía de Managua. Los principales afloramientos dentro del área de estudio, se localizan en su margen Oeste, en las zonas urbanizadas de Villa Libertad, y Las Jagüitas, escasamente en área de Sabana Grande.

Se caracteriza por la alternancia de capas de cenizas gris muy compacta con capas de escorias basálticas; ambas con espesores de unas decenas de milímetros. Las capas de cenizas incluyen fragmentos de escoria (**foto 16**). Las capas de escoria basáltica esta formada por fragmentos de escoria angular a subangular de tamaño de milímetros a centímetros en menor grado matriz de ceniza. Por tanto su grado de compactación no es bueno y son fácilmente su desintegración.



El espesor promedio es de 0.30 a 0.50m. Su origen de caída aérea se asume a variaciones en la energía de emisión de la actividad volcánica. Y cabe mencionar que esta unidad no se encuentra en el extremo Este del área de estudio.

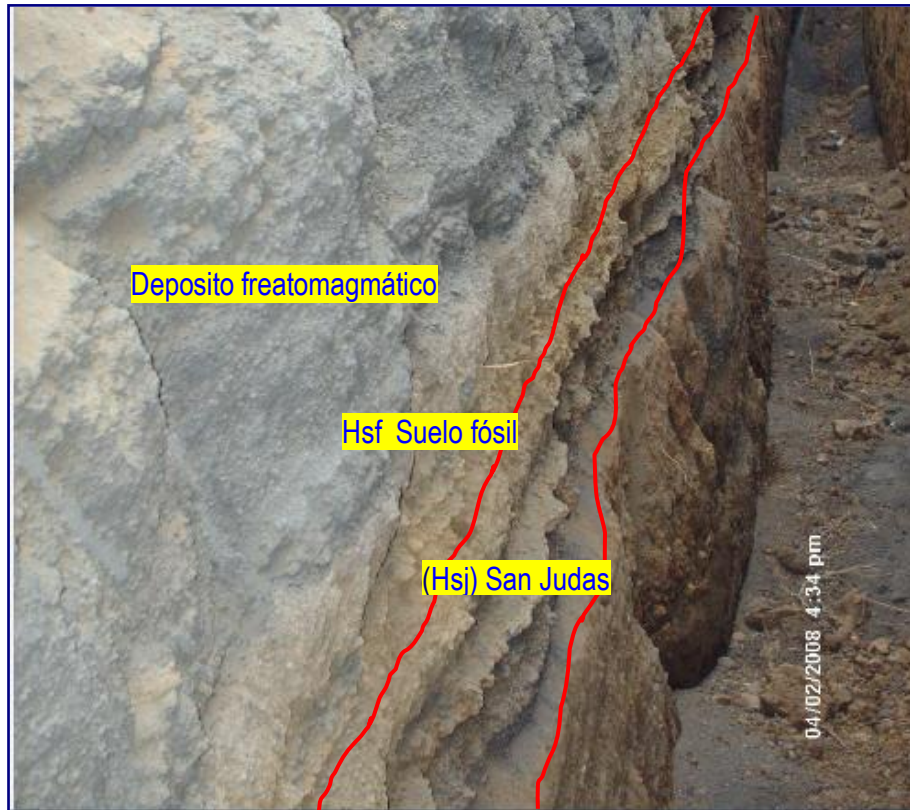


Foto16 Extremo oeste de la trinchera visitada (589075 E - 1340147 N), secuencia conformada por (Hs) Suelo moderno, (Hsf) suelo fósil, (Hrt) Toba El Retiro, (Htpc) Toba Ticuantepe, Deposito freatomagmatico, (Hsf) Suelo fósil y (Hsj) San Judas.



5.1.10 Formación Las Sierras (TQps)

Esta unidad denominada como Aglomerado volcánico, estructura masiva consiste de 10% de material fino (arena y ceniza) que sirve de matriz que cementa 90% de material grueso constituido por bombas y piroclastos, con un grado redondeamiento variable sub. – anguloso a sub.redondeados y tamaño que varia desde 0.5, 20 – 30 cm de diámetro; con un mal grado de selección. Eventualmente presenta pequeñas fracturas que han sido rellenadas con soluciones carbonato de calcio (caliche) y con alto grado de compactación.

En los afloramiento Cerro Monte Oro (595204 E - 133713 N) (**foto 17a y 17b**) y Cauce Campuzano (593684 E - 1333244 N) (**foto 19**), mientras que afloramiento San Rafael se encuentra cubierto por escasa capa toba meteorizada (597250 E - 1344335 N) (**foto 18a, 18b**) esta sobre yacido por los flujos piroclásticos perteneciente a la Toba Ticuantepe, Toba Ticuantepe meteorizada de color marrón. Mas al norte en La Coyotera (596696 E - 1341751 N) se observo estrato masivo de aproximadamente 3.5 altura conformado por material arenaceo con alto contenido de pisolitos de diámetros variables 0.01 – 0.05 cm. Estas pequeñas estructuras se asocian a eventos con presencia de agua (**foto 20a, 20b**). Y en sector de carretera norte aflora (588277E-1342956N). Se considerada la unidad mas antigua de la secuencia estratigráfica estudiada y el basamento del Graben.

La secuencia estratigráfica encuentra en sector NW de área de estudio, se encuentra conformada por intercalación de tobas ceniza y tobas arenacea bien compacta bien compactas (**foto22**) esta eventualmente presenta las pequeñas fractura las que han sido rellenadas por carbonato de calcio o caliche (**foto 21**). Los principales afloramiento son Proyecto Belice (588502E - 1344460N) y en la rivera del Lago de Managua en la propiedad de la Sra. Pedrona Amador (586906E- 1344736N).



Foto 17a.



Foto 17b

Foto 17a. Corte longitudinal con extensión de 20 m. de largo por 10m de altura constituido por Toba aglomerádica en el, ubicado cerro Monte Oro (595204 E - 133713 N). **Foto 17b** Acercamiento Toba aglomerádica constituida por 10% de material fino y 90% de material grueso.



Foto18a



Foto 18b San Rafael



Foto 19 Cauce Campuzano.

Foto 18a Toba aglomerádica en corte longitudinal de un antiguo en banco de material ubicado en la localidad San Rafael (597250 E - 1344335 N) **Foto18b y foto 19.** Acercamiento de la toba aglomerádica presenta mal selección.

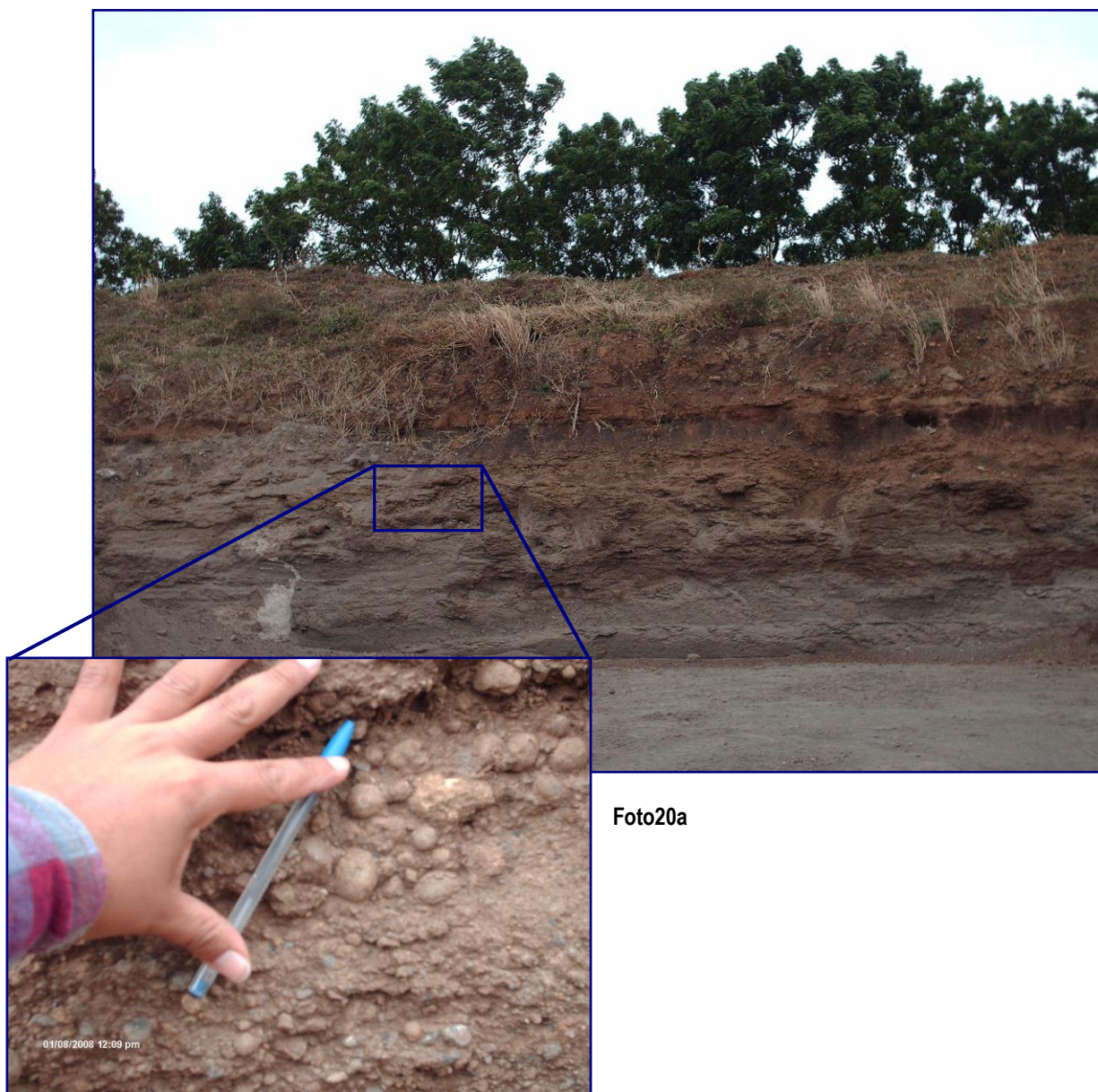


Foto20a

Foto20b

Foto20a. Corte longitudinal en banco de extracción de material en localidad de La Coyota. **Foto 20b.** En el acercamiento se aprecia el material sobre yacente a la toba aglomerada. Este depósito está constituido por una matriz de ceniza y arena, inverso se encuentra abundante pisolitos de diferentes diámetros, (596696E – 1341751 87).



Foto 21. Toba ceniza perteneciente a la secuencia de toba de la Formación Las Sierras Proyecto Belice (588502E - 1344460N) eventualmente presenta pequeñas fracturas que han sido rellenada por carbonato de calcio.



Foto22. Intercalación de toba de textura atenuada y ceniza la rivera del Lago de Managua (586906E- 1344736N).



5.2 Geología estructural del área.

El ambiente estructural del área del Graben Managua se forma por tres grandes fallas que la limitan: extremo oeste Falla Mateare con rumbo NO –SE, en el extremo Este con el Sistema de Falla Cofradía con rumbo preferencial N-S y al extremo sur se localiza Falla Las Nubes que se encuentra dispuesta en dirección transversal con movimiento dextral. Está última se asocia a la segmentación del frente volcánico.

En la parte central del graben se formaron una serie de fallas con rumbo lateral izquierdo de segundo orden, con orientación preferencial NNE en disposición subparalela, por otro lado en la parte norte del Graben muestra un cambio con respecto al rumbo NE prolongándose hacia el Lago de Managua.

Cabe mencionar que existe una estructura definida por un lineamiento con orientación N – S representado por un volcanismo intenso de característica erupción monogenética.

Y por ultimo la formación de pequeñas estructura intragaben conocida como Graben Aeropuerto delimitada por el Sistema de falla Cofradía ubicada en el extremo este y Falla Aeropuerto con rumbo NE –SW (**Figura 15**).

5.2.1 Estructuras mayores

5.2.1.1 Sistema de Falla Cofradía

Conformada por 3 principales fallas normales en echelón, con rumbos locales variables entre N7- 20E, donde el bloque diatrófico localizado en el extremo E del Graben Aeropuerto. Es un de los elementos estructurales mas sobresaliente el cual relieve y en la fotografías aéreas.

5.2.1.2 Falla Aeropuerto

En la fotointerpretación se aprecia estar como una estructura arqueada con rumbo variable Noreste - Este considera como falla del tipo normal, desplazando de 2 a 4 metros las unidades del holoceno. Con direcciones variable N-S y NE-SW, presenta abertura de 3 a 5 centímetro relleno por carbonato (Darce, 1994). Esta se extiende hacia el S localizada a 100metro de Reparto Las Colinas, pudiéndose trazar desde la Carretera Masaya, pasando por El Reparto Sckick y luego hacia el Norte. Su longitud es estimada en 15Km con orientación N-S a N40° E en su extensión sur, con una zona de falla de 20 metros de ancho y desplazamiento mínimo de 5metro. (Kuang, 1973)



5.2.2 Estructuras menores intra Graben Aeropuerto

Se incluye todas las estructuras lineales obtenidas mediante el análisis de las fotografías aéreas, definidas por las expresiones geomorfológicas, topográficas.

5.2.2.1 Falla Las Mercedes

Esta atraviesa la pista de aterrizaje de Aeropuerto Nacional de Nicaragua, falla normal activa, con dirección N39E. Con el bloque Oeste levantado y bloque Este descendido. Los desplazamiento parciales varían 0.60 a 1.80 metro medido los estratos antiguas – holocénicos (Garayar, 1977), (Woodward-Clyde, 1975), esta se extiende sur oeste.

5.2.2.2 Falla Los Bomberos

Se localiza a 200m al Este de la Falla Las Mercedes (Johnson & asociados y Hodgson, 1978). Considerada como falla normal, activa con el bloque Oeste hundido y el este levantado con desplazado los estratos Hrt, 5Hce, 3 Hta en 1- 1.15 metros. Con una longitud de 9Km su dirección es variable entre N-S, NW- SE. Considera como falla normal, activa.

5.2.2.3 Falla Occidental

Se localizada a una distancia de 1000m hacia el Oeste de la Falla Las Mercedes. Considera como falla normal, activa por desplazar los estratos de Hbsa, con dirección N20 – 24E (Johnson & asociados, 1978) (Garayar, 1978).

5.2.2.4 Falla Ramal Aeropuerto

En el relieve de colinas alargada al noreste y el patrón de drenaje indica el trazo de dicha estructura. Se extiende hacia el Sur en las proximidades de la estructura volcánica de Veracruz y a su vez marca el límite occidental del Graben Aeropuerto (Ferrey, 1971). Al igual que la falla Aeropuerto, presenta desplazamiento vertical. Se considera peligrosa.



5.2.2.5 Falla ENAG

Esta de expresa en relieve como un pequeño escarpe que cruza la carretera Norte. Se presenta fracturas con rumbo NW 3 – 10° E, corta la aglomerádica de la Sierra, con fractura abertura de 2 – 4 centímetros y rellenada con caliche.

5.2.2.6 Falla Sabana Grande – Veracruz.

Se trata de un pequeño lineamiento comprendido por estructuras volcánica y cono de escoria extintos, con un rumbo preferencial Sur – Norte. El cual fue constatado en el campo, su extensión al norte es escasamente notable ya la topografía es relativamente ondulada.

5.2.2.7 Sistema de Fallas de Veracruz.

Consiste en depósitos de tipo Base-Surge, separados por una delgada capa de lapilli de deposición aérea. (Woodward-Clyde, 1976)

5.2.2.8 Lineamientos principales y secundarios

Una serie de lineamiento con direcciones predominante NS y NE -. SE fueron observado en la fotografía aérea esto coinciden con los rasgo morfológico y dirección de drenaje. (INETER, 2002).

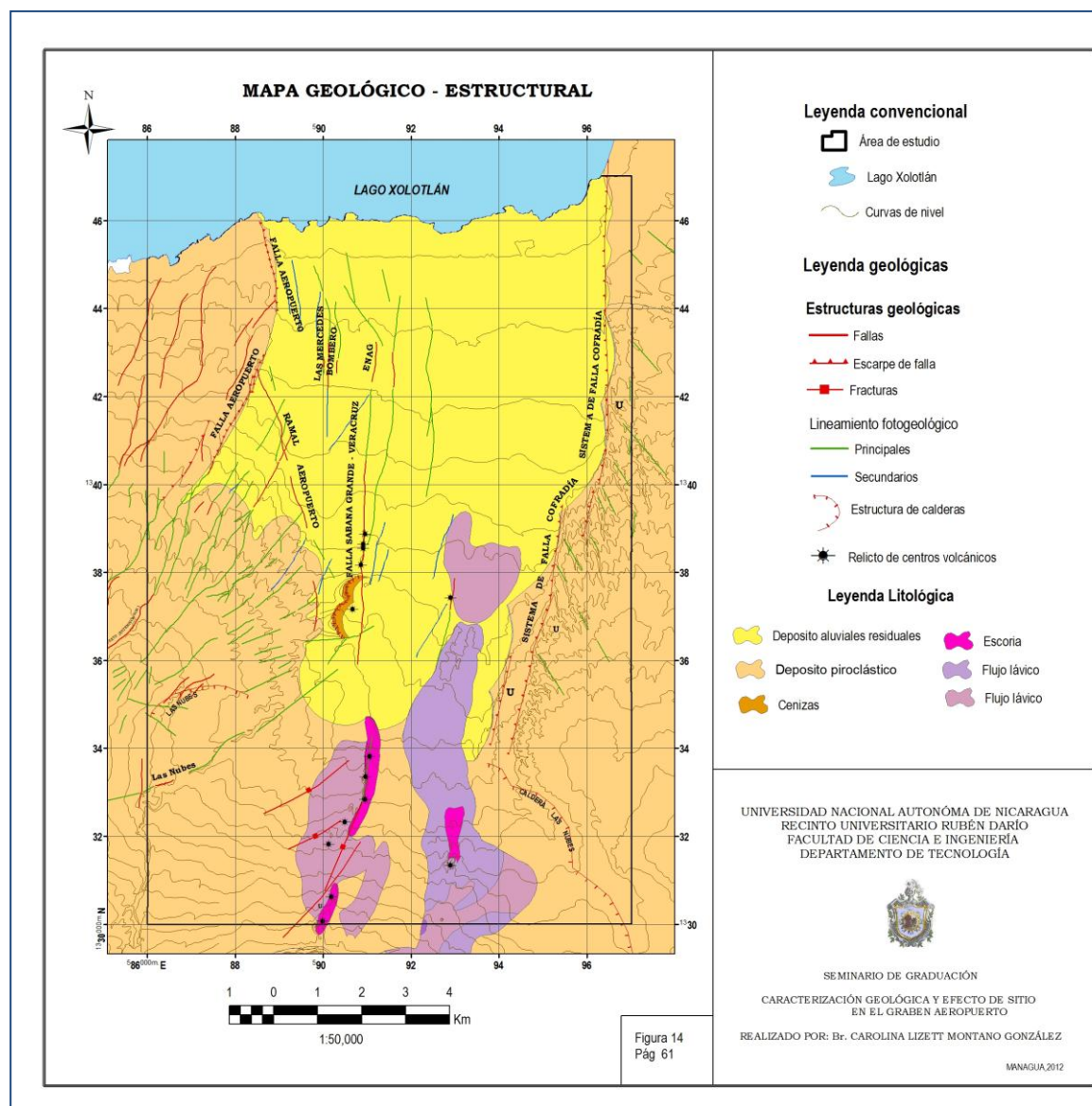


Figura14 Mapa geológico estructural del graben Aeropuerto



6 ANÁLISIS DE AMENAZA POR EFECTO DE SITIO

Para realizar el análisis de la amenaza por Efecto de Sitio se considero los factores condicionantes y un factor desencadenante. A continuación se describe el análisis de cada uno factores condicionante dentro del área de estudio.

6.1 Factores condicionantes.

6.1.1 Tipo y composición litológica de los materiales geológicos dentro y fuera del Graben Aeropuerto.

Depósitos aluviales y residuales: Son materiales transportado y depositados por el agua; cuya composición litológica esta constituido arena, grava y limoso. Esto se encuentran dispuesto en los cause red de drenaje existente en el área de estudio representados por: **Qsr, Qv y Qal**. Cabe mencionar que existen bloques de diferentes diámetros y composiciones, la exposición de dichos bloques son indicativo se trata de una extensa zona de deposición y el tipo de energía impartida para transportar tanto los materiales finos como estos grandes bloques, (para el caso de este estudio los bloque no se consideran una unidad).

Depósitos volcánico de origen efusivo: Conformado por los materiales provenientes de las emisiones de las actividades del volcán Masaya, cuya composición litológica esta en dependencia de la génesis del deposito comprendido por: los flujos lávicos, escoria de deposición aérea (Heu), flujo piroclástico(Htpc), toba fina – gruesa y taba aglomeradica (TQps).

Depósitos de origen fisurales: Se asocian a estructura alineada en zona fracturada formando pequeñas estructuras monogenética constituida por pequeños conos de escoria y cenizas.



6.1.2 Espesor de los estratos y la profundidad del sustrato rocoso o reciente.

En referencia a la distribución de los materiales geológicos, se considero secuencia estratigráfica de los materiales mencionado en el capítulo 5. Para lo cual se subdividir el área de estudio en cuatro cuadrantes. Los espesores de los estratos varían de acuerdo topografía, procesos erosivos, modo de deposición.

- Cuadrante Noreste: Localizado a partir eje central del Graben hasta el bloque elevado correspondiente a la Falla Cofradía. La secuencia estratigráfica constituido por Suelo reciente (Hs), Toba El Retiro (Hrt), Toba Ticuantepe (Htpc) y Toba Aglomerádica correspondiente a formación Las Sierras (TQps); esta ultima presenta un espesor total de 15m (595204 E - 133713 N). Mientras que en la parte central la secuencia estratigráfica local esta formada por sueloa residuales (Hsr), aluviales textura limosa –arenas. Estos dos primero suman 3m, los cuales sobreyacen a la secuencia Formación Las Sierras (TQps) Ver anexo 6 (2007 - 03 - 25 – GSV)(2007 - 08 - 59 – MDR)
- Cuadrante Sureste: Representado por la secuencia suelo reciente (Hs) Toba El Retiro meteorizada (Hrt-w), Flujo piroclástico perteneciente a la Toba Ticuantepe (Htpc) sobreyaciendo a toba aglomerádica de la Formación Las Sierras (TQps), suman un espesor 5m medido en la localidad de Campuzano (593684E – 1333244N). Mas al centro se ubican los flujo lávicos, los cuales sobreyace a las unidades antes mencionadas.
- Cuadrante Suroeste: Representado por la secuencia Suelo reciente (Hs), Toba el Retiro meteorizada (Hrt-w), Toba Ticuantepe (Htpc) con un espesor aproximadamente de 5m (589815 E -1334725 N), (Hsj) San Judas 0.30m, (Hfs) Suelo fósiles.
- Cuadrante Noroeste: La secuencia estratigráfica esta conformada Suelo reciente (Hs) Toba El Retiro (Hrt), Suelo fosil (Hsf), San Judas (Hsj), Deposito aluviales (Hal), secuencia de toba de arenosa y de ceniza perteneciente Formación Las Sierras. Mas hacia el norte los espesores de las 6 primeras unidades disminuye dando pasó que las tobas de la Formación Las Sierras. afloramientos de manera aislada.



6.1.3 Depósitos superficiales cuyo comportamiento geotécnico corresponde al suelo

Las características geotécnicas de los depósitos superficiales distribuidos presentan propiedades heterogéneas estrechamente relacionadas con a la granulometría, resistencia a la penetración y presencia del nivel freático.

SPT 5 San Cristóbal: La resistencia a la penetración es variable encontrándose valores N relativamente bajos en las capas superficiales correspondiente a 8N a 10N y a medida que se incrementa la profundidad aumenta de 30N a 40N relacionado a materiales MH, SM, ML. La presencia del nivel freático se encuentra presente a 1.8m y los valores relativamente bajo podrían causar asentamiento.

A demás se debe considerar la presencia capas de arena satura como indicativo un posible efecto inducido por licuefacción.

SPT 6 Veracruz: Los estratos estudios se tratan de MH y ML con valores N varían de 10N y mayores a 80N. No se encontró presente el nivel freático. Las condiciones de cimentación son favorables a partir de 1.80m.

SPT 4 Villa Libertad: La secuencia de los estratos perforados corresponde a MH, CL, ML y SM, donde los valores N son variables 10N en la superficie y mayores a 60N a 1.5m de profundidad de 6m.

SPT2 Veracruz: Los estratos estudio pertenecen a ML y MH, donde los valores N varían de 14N a 68N 1.5 m a 6m.

SPT3 Sabana Grande: Los estratos estudiados pertenecen a 23N a 3m y mayores a 52N a 5 metro. Comprendido a ML, SM.

SPT1 Villa Flor sur: Los estratos estudiados pertenecen ML, SM y GM. Los valores N son variables 22N a 29N.



Tabla 2. Datos geotécnicos recopilados. (Fuente: proporcionado por los Laboratorios privados).

No	Coordenada		Localización	Título del estudio	Autor
	X	Y			
1	585802	1339850	Villa Flor Sur	Estudio geotécnico de cimentación en área de construcción del Salón del Reino de los testigos de Jehová.	Oscar Rodríguez
2	587038	1332586	Veracruz	Estudio geotécnico de cimentación en área de construcción de antena de telefónica Celular	Oscar Rodríguez
3	589509	13403419	Sabana Grande	Estudio geotécnico de cimentación en área de construcción de antena de telefónica Celular	Oscar Rodríguez
4	587328	1339735	Villa Libertad	Estudio geotécnico de cimentación en área de construcción de antena de telefónica Celular	Oscar Rodríguez
5	59067	1343420	Carretera Norte, Finca San Cristóbal	Estudio geotécnico Finca San Cristóbal	(IMS)
6	588959	1334179	Veracruz	Estudio geotécnico Veracruz	(IMS)
7	584376	1340925	Rubenía	2001 - 04 - 19 - GAG	Gustavo González
8	590670	1339722	Sabana Grande	2007- 08 - 58 - MDR	Mauricio Darce R.
9	590350	1342333	Aeropuerto, Internacional de Nicaragua	Pista de aterrizaje	Lamsa ingenieros asociados

6.1. 4 Profundidad del nivel freático

Primeramente se debe tener presente que la presencia de agua en los materiales afecta sus propiedades y comportamiento mecánico, por lo tanto, este aspecto debe ser considerado en los estudio de efecto de sitio. Por ende se hace referencia tanto las condiciones superficiales, como subterránea

- Análisis de las condiciones subterránea.

Para realizar el análisis e interpretación de las condiciones hidrogeológicas del área de estudio se asumió realizar el análisis tanto de la información proporcionado por el Departamento de Hidrogeología del INETER como de información representada en mapa hidrogeológico JICA – 1993; mas 6 observaciones realizada en el campo (profundidad de nivel freático medido en los pozo excavado). Se tomaron los datos proporcionado por INETER, ya que en esta zona no se cuenta con un inventario completo.



Para determinar los niveles piezométrico se realiza la siguiente relación

Elevación (m. s. n. m) – NEA (m) = Nivel piezométrico

40m. s. n. m. – 3m = 37m. s. n. m.

Tabla3 Características hidrogeológicas observadas en el campo

Agua Subterránea								
No	Coordenada UTM WGS 84		Elevación m.s.n.m	NEA - m	NE m.s.n.m	Fecha	Localización	Observación
	E	N						
1	591176	1343268	55 m.s.n.m	1.80	53.2	18/04/2008	UNA	Pozo excavado
2	595177	1342266	60 m.s.n.m	5 m	55	05/08/2008	San Rafael	Pozo artesanal
3	586273	1337224	175m.s.n.m	87 m	88	22/09/2006	Las Jaguitas	Pozo perforado ENACAL
Agua superficial								
No	Coordenada UTM WGS 84		Elevación	Característica hidrológica	Localización	Fecha	Observación	
	E	N						
1	586906	1344736	45 m.s.n.m	pequeño manantial	Propiedad de la Sr. Petrona Amador	17 /07/08	Corriente intermitente	
2	592850	1345200		Riachuelo	Río Lodoso		Corriente Efímero	

A partir del análisis y geoprocesamiento de los datos recolecta, en referencia las características hidrogeológicas se concluye que los niveles piezométricos esta en función de variación de topográfica del área. Por consiguiente en la parte más cercana al lago niveles piezométrico disminuye hasta 1m.s.n.m., mientras que la parte sur del área se profundiza hasta 130 m.s.n.m. **(Figura 16)**

Los datos resultantes se reflejaron en mapa que presenta niveles piezométricos, dirección de flujo y red hidrológica y datos red monitoreo INETER.



Tabla 4. Datos hidrogeológicos de los niveles piezoemétricos (INETER, 2011).

No	E	N	Código	Tipo	Localización	Propietario	Elevación (msnm)	Profundidad (m)	NEA (m)	(NEA) msnm
1	587073	1332715	386	PP	14 1/2 c. Masaya	ENACAL	270	0	94	176.35
2	585319	1342242	370	PP	Buenos Aires	ENACAL	88.48	182.92	44.76	43.720
3	589406	1335051	6	PE	El Valle Gotel	David Lacayo	145.67	59.67	58.08	87.59
4	589606	1334851	197	PP	El Valle Gotel	David Lacayo	140	85.3	55.47	84.53
5	589306	1334901	198	PP	El Valle Gotel	Omar Lacayo	150	86	57.91	92.09
6	586506	1332801	62	PE	Entrada a Ticuantepe	Lucas Pérez	203.07	88.72	87.49	115.58
7	587156	1334951	199	PP	Esquipulas -El Tambo	Jacinto Pérez	185	96	85.34	99.66
8	586206	1335551	307	PP	Esquipulas	COVIN	220	161.4	115.82	104.18
9	588306	1332651	2	PE	Hacienda el Volcán	Arturo Molina	193.78	82.11	82.39	111.39
10	586956	1331151	303	PP	Hacienda las Mercedes	Midinra	238	182.9	120.4	117.6
11	586136	1333251	83	PE	Km 131/2 c. a Masaya	Nicar Química	205	137.16	94.51	110.49
12	585299	1327597	323	PP	La Borgoña	ENACAL	324.47		189.58	134.890
13	588106	1331151	63	PE	La Paciencia	Hussein Farach	230	113.14	112.34	117.66
14	588356	1331051	19	PP	Laboratorio Solka	Laboratorio Solka	238	131.7	108.2	129.8
15	586420	1330339	393	PP	Las Conchitas	ENACAL	253	0	139	114
16	589122	1341832	140	PP	Carlos Fonseca (MercedesNº 1)	ENACAL	59.54	152.4	19.05	40.49
17	590356	1340301	112	PE	Sabana Granda el chino	Particular	73.58	23.8	23.04	50.54
18	586684	1340591	3	PP	Sabana Grande Nº 1	ENACAL	100.53	0	54.3	46.23
19	587406	1331901	382	PP	Ticuantepe	Empresa de Inseminación	218	182.92	118.85	99.15
20	588986	1343851	111	PE	Unidad de Propósito	Particular	49.76	4.7	3.38	46.38
21	589759	1335214	388	PP	Valle Gothel Nº 2	ENACAL	138.00	112.77	63.8	74.200
22	588486	1334002	390	PP	Valle Gotel Nº 5	ENACAL	136.76	0	65.5	71.26
23	590506	1335901	37	PP	Veracruz	Servicio Municipales	125	80.16	41.64	83.36

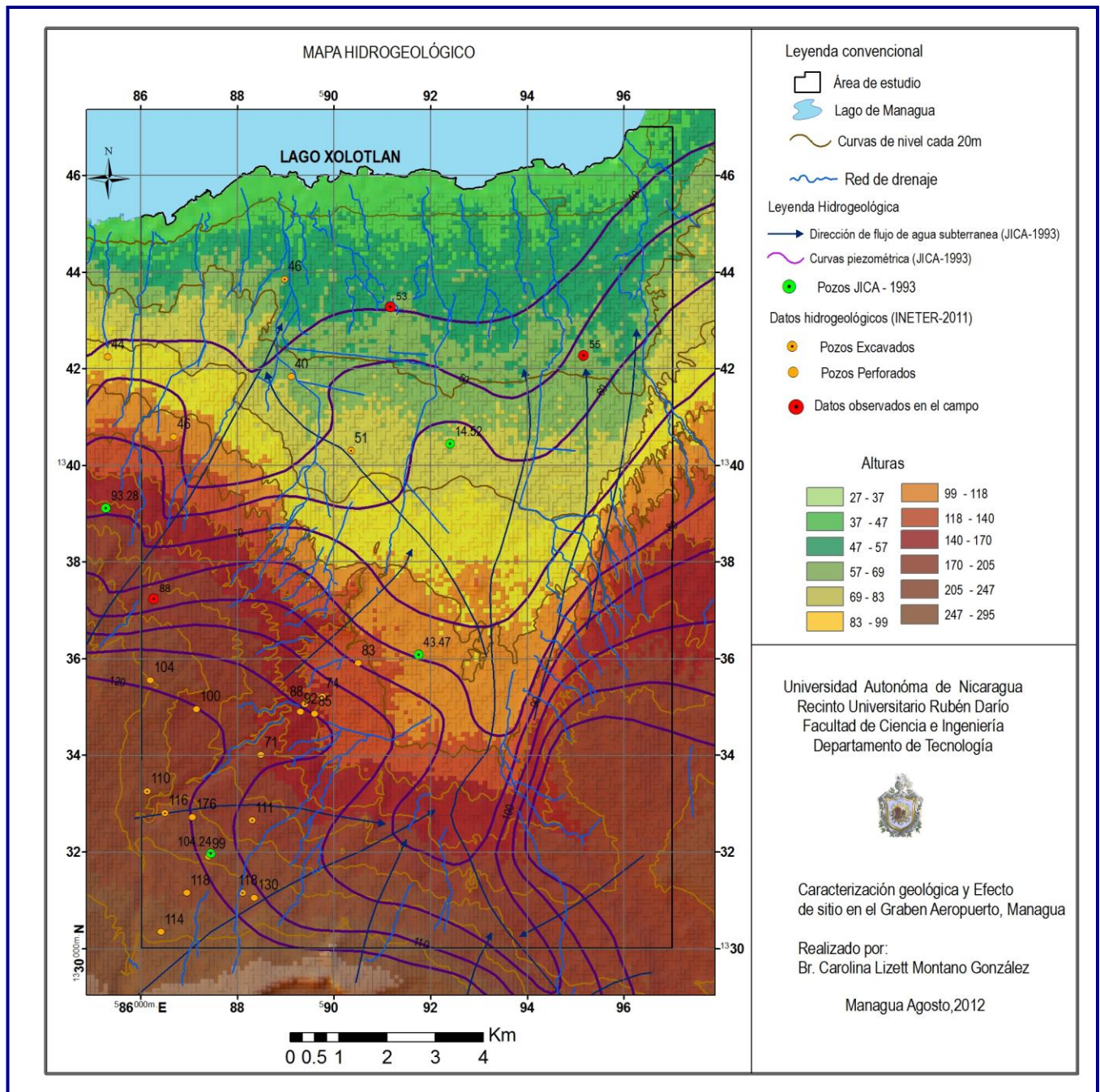


Figura 15. Mapa hidrogeológico



6.1.5 Topografía superficial.

La topografía del área de estudio se caracteriza presentar 4 zonas bien definidas por la altura y pendiente.

- Localizada en la parte mas baja cercana la costa de Lago de Managua correspondiente a pendiente entre 0° - 2° con alturas 20 – 30 m.s.n.m.
- Ligeramente inclinada hacia el norte localizada en la parte llana correspondiente la extensa zona deposición con pendiente 2° – 5° con altura entre 30 – 60 m.s.n.m.
- Fuertemente inclinada localiza en la zona pendiente 5° – 15° y alturas 80 -140 m.s.n.m.
- Muy inclinado correspondiente a los relieve con pendiente 15° – 35° cuya alturas varían de 140 - 210 m.s.n.m

6.1.6 Presencia de fallas, su situación y característica.

Como ya se refirió el área de Graben Aeropuerto se encuentra delimitado por dos grandes fallas como lo es Sistema de Falla Cofradía y Falla Aeropuerto.

- **Falla Cofradía:** Falla activa de característica Normal capaz de generar un sismo 7 en la escala de Richter (INETER, 1999)
- **Falla Aeropuerto:** Falla activa de característica Normal capaz de generar un sismo de magnitud 6.3 (INETER, 1999).
- **Falla Las Mercedes:** falla normal, activa
- **Falla Los Bomberos:** falla normal, activa
- **Falla Occidental:** falla normal, activa
- **Falla Ramal Aeropuerto:** falla normal, activa
- **Falla ENAG:** falla normal, activa

De ocurrir un evento sísmico en cual quiera de esta fallas antes mencionada, los resultado seria catastróficos ya que en esta zona se caracteriza por la ocurrencia sismo de hipocentro somero.

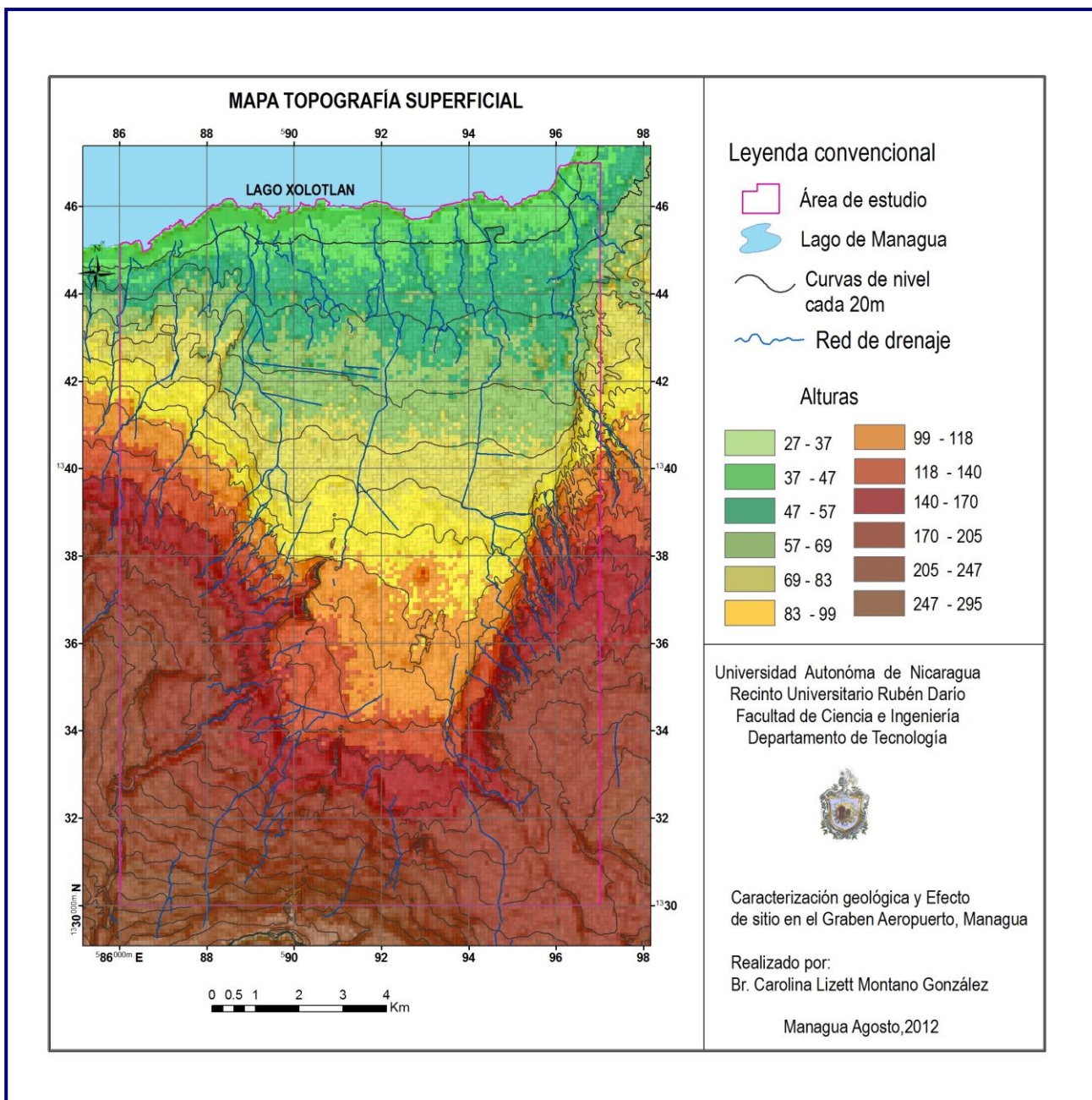


Figura16. Mapa topografía superficial.



6.2 Efecto de sitio o efecto locales

Se define como la influencia de las condiciones hidrogeológicas, geológica – estructural, geotécnicas y topográficas de los estratos más superficiales de la corteza terrestre y su características de los movimientos sísmicos esperados para un sitio determinado (Chávez *et al.*, 1987) en (Lermo, 1992). Y se puede suponer una respuesta sísmica diferente dentro del entorno geográfico considerado (González, 2002). Las propiedades físicas de los estratos determinan en gran medida la amplitud, contenido de frecuencias y duración del movimiento. Su determinación es de gran importancia en la zonificación sísmicas, la planificación y el diseño sismorresistente.

6.2.1 Dinámica del suelo.

El cálculo de la dinámica de suelos se analizo mediante la aplicación del método de Nakamura, el cual se basa en los registros provenientes de acelerógrafo portátil de tres componentes.

El método de Nakamura fue utilizado para analizar los conjuntos de datos obtenidos para cada punto de medición del ruido sísmico cultural de un sitio en particular, el ruido cultural fue medido con acelerógrafo portátil de tres componentes (NS → Norte-Sur, EO → Este-Oeste y Z → Vertical), se efectuó un simple análisis de Fourier utilizando subrutina (explicada en acápite de metodología), calculado los espectros de frecuencias correspondiente para cada medición (sismogramas) del punto analizado y luego efectúa un promedio del total de espectros de frecuencias para cada componente analizada y por último calcula el cociente entre las componentes Horizontales y Vertical (NS/Z y EO/Z), lo cual genero datos para realizar la zonificación del área estudio.

Los datos resultan son expresado en forma de tabla, gráfica y mapas.

- Tabla de datos resultantes: Frecuencia Relativa f (hz), Amplificación relativa A_0 , Periodo predominante T (seg.).
- Gráficos logarítmicos representados en el anexo 10.
- Mapa amplificación relativa y Mapa de periodo predominante.



Tabla 5. Datos obtenidos mediante la aplicación del método de Nakamura.

Código	X	Y	Frecuencia Relativa f (hz)	Amplificaciones Relativa A ₀	Periodo Predominante T (seg.)	Observaciones
N37	588651	1341728	4.383	4.220	0.187	Existe efecto de Sitio
N22	595492	1340409	5.861	3.519	0.171	Existe efecto de Sitio
N16	596641	1344513	4.970	3.444	0.201	Existe efecto de Sitio
N21	596116	1339478	6.799	2.620	0.147	Existe efecto de Sitio
N91	595343	1330520	7.914	2.502	0.126	Existe efecto de Sitio
N17	595827	1344677	5.772	2.493	0.173	Existe efecto de Sitio
N9	594758	1344688	6.938	2.450	0.115	Existe efecto de Sitio
N13	592608	1345457	6.051	2.386	0.165	Existe efecto de Sitio
N92	586329	1334752	6.166	2.318	0.162	Existe efecto de Sitio
N15	596733	1345205	3.307	2.177	0.302	Existe efecto de Sitio
N18	595288	1338930	4.734	2.104	0.211	Existe efecto de Sitio
N88	589918	1338424	7.403	2.065	0.135	Existe efecto de Sitio
N85	589826	1343527	8.347	2.052	0.119	Existe efecto de Sitio
N7	596036	1345685	5.634	2.036	0.189	Existe efecto de Sitio
N30	586597	1340850	5.132	2.036	0.195	Existe efecto de Sitio
N84	588351	1344186	5.075	1.994	0.197	Existe efecto de Sitio
N11	593600	1344118	6.614	1.983	0.151	Existe efecto de Sitio
N32	588173	1340290	7.118	1.979	0.140	Existe efecto de Sitio
N71	595591	1335803	8.296	1.937	0.121	Existe efecto de Sitio
N87	591128	1341390	5.941	1.919	0.168	Existe efecto de Sitio
N78	589962	1332135	6.290	1.890	0.159	Existe efecto de Sitio
N54	589501	1335096	6.091	1.877	0.164	Existe efecto de Sitio
N25	586766	1343101	6.156	1.863	0.162	Existe efecto de Sitio
N89	593566	1334487	6.519	1.852	0.153	Existe efecto de Sitio
N43	588065	1339115	5.322	1.840	0.180	Existe efecto de Sitio
N12	592499	1343755	4.251	1.835	0.230	Existe efecto de Sitio
N27	586495	1342069	9.062	1.817	0.137	Existe efecto de Sitio
N67	594516	1337530	6.402	1.817	0.156	Existe efecto de Sitio
N35	590753	1339567	5.498	1.809	0.181	Existe efecto de Sitio
N49	588400	1338434	4.363	1.808	0.229	Existe efecto de Sitio
N20	596416	1338501	4.750	1.804	0.211	Existe efecto de Sitio
N8	595286	1345033	1.741	1.741	0.228	Existe efecto de Sitio
N47	586891	1337127	5.667	1.720	0.168	Existe efecto de Sitio



N5	588228	1342960	2.796	1.704	0.179	Existe efecto de Sitio
N69	595368	1337677	4.769	1.704	0.210	Existe efecto de Sitio
N6	596570	1346576	8.284	1.677	0.121	Existe efecto de Sitio
N70	596247	1336467	6.876	1.669	0.144	Existe efecto de Sitio
N29	586878	1341118	7.017	1.643	0.142	Existe efecto de Sitio
N26	586719	1342587	7.440	1.618	0.134	Existe efecto de Sitio
N65	592391	1337418	8.096	1.615	0.124	Existe efecto de Sitio
N90	593238	1332857	8.851	1.605	0.113	Existe efecto de Sitio
N42	587619	1339213	4.030	1.593	0.206	Existe efecto de Sitio
N57	588576	1330231	4.581	1.593	0.218	Existe efecto de Sitio
N61	588643	1334170	5.709	1.588	0.175	Existe efecto de Sitio
N77	586279	1333180	6.299	1.582	0.159	Existe efecto de Sitio
N53	588575	1335386	7.037	1.567	0.142	Existe efecto de Sitio
N73	595309	1333286	5.851	1.564	0.171	Existe efecto de Sitio
N81	591132	1334015	5.930	1.552	0.169	Existe efecto de Sitio
N44	588483	1339509	8.799	1.520	0.117	Existe efecto de Sitio
N48	587850	1337894	6.713	1.520	0.149	Existe efecto de Sitio
N86	589652	1344475	6.410	1.518	0.158	Existe efecto de Sitio
N62	590200	1332536	6.930	1.505	0.144	Existe efecto de Sitio
N1	586796	1343191	6.053	1.489	0.165	No Existe efecto de Sitio
N39	586037	1340326	7.025	1.477	0.142	No Existe efecto de Sitio
N14	592474	1344518	4.943	1.457	0.201	No Existe efecto de Sitio
N41	587153	1339617	5.223	1.446	0.191	No Existe efecto de Sitio
N83	591702	1330378	4.116	1.437	0.243	No Existe efecto de Sitio
N82	591461	1332453	5.581	1.423	0.179	No Existe efecto de Sitio
N51	589346	1337128	6.217	1.415	0.161	No Existe efecto de Sitio
N28	586398	1341785	7.249	1.410	0.138	No Existe efecto de Sitio
N66	593602	1336245	6.180	1.404	0.162	No Existe efecto de Sitio
N3	586891	1344646	6.328	1.389	0.158	No Existe efecto de Sitio
N19	595390	1339403	4.827	1.372	0.207	No Existe efecto de Sitio
N55	586777	1332234	5.887	1.368	0.170	No Existe efecto de Sitio
N24	594157	1342537	5.352	1.351	0.187	No Existe efecto de Sitio
N72	596175	1334856	6.365	1.348	0.157	No Existe efecto de Sitio
N31	587210	1340370	4.913	1.340	0.202	No Existe efecto de Sitio
N75	594693	1334249	5.067	1.339	0.197	No Existe efecto de Sitio
N60	587590	1333182	4.652	1.315	0.214	No Existe efecto de Sitio
N56	586367	1330390	5.810	1.312	0.172	No Existe efecto de Sitio



N59	587533	1331982	4.618	1.261	0.217	No Existe efecto de Sitio
N76	587368	1334572	4.943	1.230	0.202	No Existe efecto de Sitio
N46	587417	1337735	7.331	1.212	0.136	No Existe efecto de Sitio
N64	592219	1339487	7.720	1.200	0.130	No Existe efecto de Sitio
N34	590371	1340035	6.376	1.191	0.157	No Existe efecto de Sitio
N36	589261	1341332	5.028	1.189	0.199	No Existe efecto de Sitio
N45	587466	1338426	7.645	1.185	0.131	No Existe efecto de Sitio
N40	586525	1339832	7.528	1.165	0.133	No Existe efecto de Sitio
N58	590588	1330380	8.117	1.151	0.123	No Existe efecto de Sitio
N52	588363	1336284	6.993	1.137	0.143	No Existe efecto de Sitio
N63	592638	1341338	7.118	1.137	0.140	No Existe efecto de Sitio
N79	591641	1336137	7.197	1.137	0.139	No Existe efecto de Sitio
N4	587125	1343763	4.148	1.066	0.121	No Existe efecto de Sitio
N33	589559	1340497	4.962	1.044	0.200	No Existe efecto de Sitio
N74	596782	1331181	4.774	0.960	0.209	No Existe efecto de Sitio
N80	591749	1335064	6.751	0.958	0.148	No Existe efecto de Sitio
N38	587780	1342219	6.832	0.929	0.146	No Existe efecto de Sitio
N23	595008	1341583	5.930	0.871	0.169	No Existe efecto de Sitio
N2	586879	1344236	6.475	0.570	0.154	No Existe efecto de Sitio

6.2.2 Amplificaciones relativas y Periodo predominante

El tipo de material y sus propiedades geotécnicas influyen directamente en los resultados obtenidos en amplificación relativa y periodo predominante, de los cuales se han seleccionado 8 puntos que presentan los mayores valores de amplificación relativa. Relacionado con el efecto de sitio.

N37

Amplificación relativa $A_0 = 4.383$ Existe
Efecto de sitio.
Periodo predominante= 0.187 (seg.)

N22

Amplificación relativa $A_0 = 3.519$ Existe **Efecto de sitio.**
Periodo predominante= 0.171(seg)

N16

Amplificación relativa $A_0 = 2.493$ Existe **Efecto de sitio.**
Periodo predominante= 0.173(seg.)

N21

Amplificación relativa $A_0 = 2.620$ Existe **Efecto de sitio.**
Periodo predominante= 0.147(seg.)



N91

Amplificación relativa = 2.502 **Existe Efecto de sitio.**

Periodo predominante= 0.126 (seg.)

N9

Amplificación relativa = 2.450 **Existe Efecto de sitio.**

Periodo predominante=0.115(seg.)

N13

Amplificación relativa = 2.386 **Existe Efecto de sitio.**

Periodo predominante= 0.165 (seg.)

N92

Amplificación relativa = 2.318 **Existe Efecto de sitio.**

Periodo predominante= 0.162(seg.)

6.3 Interpretación y correlación de las informaciones utilizada.

Se seleccionaron 4 puntos con diferentes ubicaciones para determinar la influencia de las condiciones locales como: Condición geológica, hidrogeológica, geotécnica y estructural que influyen a la ocurrencia del Efecto de Sitio,

Pto1. Ubicado en la coordenada coordenadas (594500E - 1344500N). Se realiza la correlación toda la información obtenida para de terminar el comportamiento dinámico de suelo.

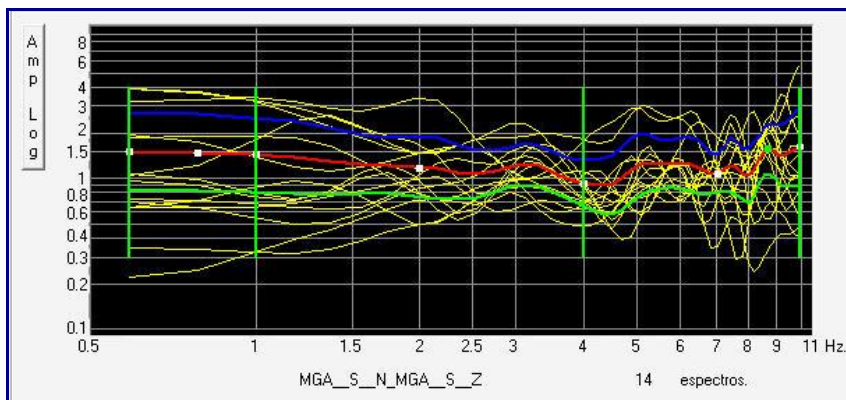


Figura17

N9 componente NS

Amplificación relativa = 2.450 A_0 **hay efecto de sitio**

Periodo predominante=0.115(seg.)



Secuencia estratigráfica

Hs Holoceno suelo reciente:

Textura limosa con arena color café oscuro, 0.30 a 0.70 metros,

Q (Hag) Mudflow deposito de grava y arena:

Este suelo está constituido por flujo de lodo, de textura arenosa, con fragmentos basálticos, gravas y clastos caolinitizado (caliche), en una matriz arenosa de grano medio, 0.85

Hfs1 Suelo fósil arenoso con limo.

Suelo arenoso limoso con poco de arcilla, tiene color café oscuro, sus espesores son variables.

1.65 y 1.70 metro de profundidad (Hfs1) suelo fósil arenoso limoso, este son materiales de poca cohesión y poco valor de soporte.

H (cb) Holoceno – cenizas y lapilli basáltico

Esta capa se caracteriza por cenizas y lapilli basáltico de color gris a negro,

Hsf2 Holoceno suelo fósil. Esta constituida por un estrato que se formo por corrientes de lodo proveniente de la parte más alta (Sabana Grande – volcán Masaya). Su espesor varia 0.60 – 1.10m. La textura es de arenas gruesas en una matriz arcillo limosa.

Hsf3 Holoceno – suelo arcilloso.

Como basamento tenemos un suelo que esta formado por una capa de arcilla de color negro con alta plasticidad, esta arcilla oscura es la base en las 2 excavaciones en la finca san Cristóbal, su espesor son 0.30m.

Condiciones geotécnica

SPT 5 San Cristóbal: La resistencia a la penetración es variable encontrándose valores N relativamente bajos en las capas superficiales correspondiente a 8N a 10N y a medida que se incrementa la profundidad aumenta de 30N a 40N relacionado a materiales MH, SM, ML. La presencia del **nivel freático** se encuentra presente a **1.8m** y los valores relativamente bajo podrían causar asentamiento.

A demás se debe considerar la presencia capas de arena satura como indicativo un posible efecto inducido por licuefacción.



Situación sísmica

Se encuentra ubicada cerca de Falla ENAG, Falla Las Mercedes, Los Bomberos clasificada como **Falla Activas**

Interpretación 1

La secuencia estratigráfica está constituida por depósito de materiales reciente cuya granulometría está constituida corresponde (MH) limo – arenoso cuya **tenacidad ligera a media**, (SM) mezcla de arena y limo mal graduada cuya **tenacidad es nula**, (ML) arena fina limosa cuya **tenacidad es nula**. La condiciones con respecto a la resistencia mejora a 8.20m por consiguiente las capas por encima de 0 - 8.20 presenta valores relativamente menores **8N** o iguales **10N**. Esto se encuentra afectado por un nivel freático somero **1.8m**. Se ubica cerca de falla ENAG, falla Los Bomberos, La Mercedes: La cuales son activa y podrían amplificar la aceleración. Todas es características condicionantes inducen ocurrencia de **efecto de sitio, Amplificación relativa 2.450**.

Pto.2 Ubicado en la coordenada (587533E – 1331982N). Se realiza la correlación toda la información obtenida para determinar el comportamiento dinámico de suelo.

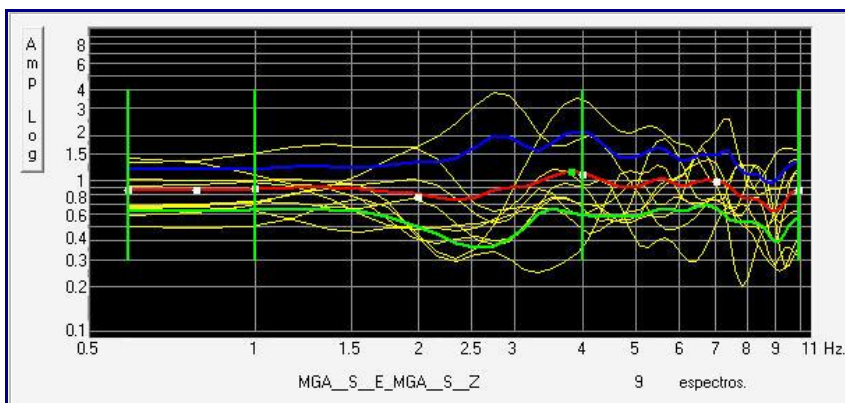


Figura 18

N 60 componente EW Coordenada: 587533E – 1331982N
Amplificación relativa = 1.315 **No hay efecto de sitio**
Periodo predominante= 0.214(seg.)



Secuencia estratigráfica conformada

(Hs) Suelo reciente

(Hrt) Toba El Retiro

(Heu) Ultima escoria

(Htpc – c) Toba ceniza Ticuantepe.

(Htpc – a) Toba arena Ticuantepe

Nivel freático

586506 E – 1332801N

NEA = 115.58 (m.s.n.m)

Condiciones geotécnicas

SPT 6 Veracruz: Los estratos estudios se tratan de MH y ML con valores N varían de 10N y mayores a 80N. No se encontró presente el nivel freático. Las condiciones de cimentación son favorables a partir de 1.80m.

Situación sísmica

Se ubicada próxima al Falla Veracruz, la cual esta clasificada como **Falla Activa**.

Interpretación2

Los estratos correspondientes geotécnicamente a MH y ML varían de **10N** en la superficie y a medida que se incrementa la profundidad aumenta a **80N**. No existe influencia de Nivel freático somero. Las condiciones del suelo para este sitio son estables. La amplificación es igual a **Amplificación relativa = 1.315** por consiguiente **no existe efecto de Sitio**.



Pto3 Ubicado en la coordenada: 589346E- 1337128N Se realiza la correlación toda la información obtenida para de terminar el comportamiento dinámico de suelo.

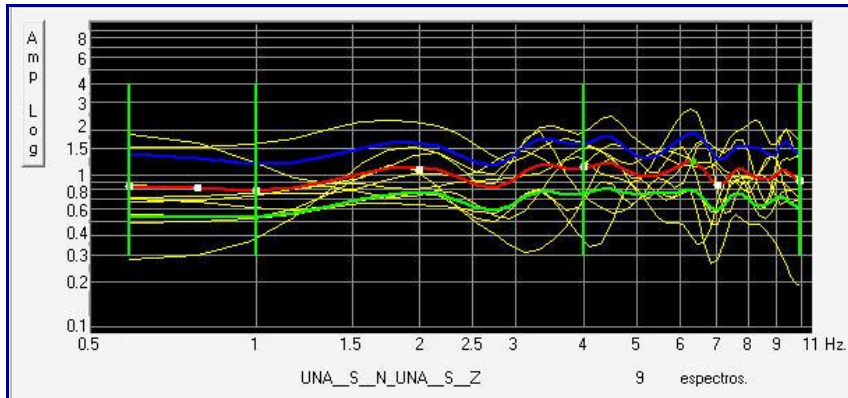


Figura 19

N51 componente EW Coordenada: 589346E- 1337128N
Amplificación relativa = 1.415 **No hay efecto de sitio**
Periodo predominante= 0.161 (seg.)

Condición Hidrogeológica

586206E – 1335551N
Localidad Esquipulas
NEA = 104.18 m.s.n.m

Secuencia estratigráfica

(Hs) Suelo reciente
(Hrt- w) Toba El Retiro meteorizada
(Hrt) Toba El Retiro
(Heu) Última escoria
(Htpc) Secuencia de Toba Ticuantepe de arena y ceniza.



Pto4 Coordenada: 589826E 1343527N. Se realiza la correlación toda la información obtenida para de terminar el comportamiento dinámico de suelo.

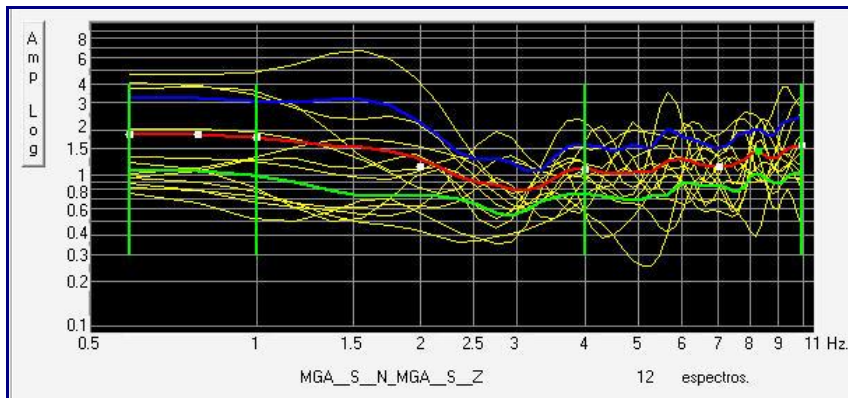


Figura 20

N85 componente NS

Coordenada: 589826E 1343527N

Amplificación relativa = **2.052** Hay efecto de sitio

Periodo predominante= 0.119 (seg.)

Condiciones hidrogeológica

Carlos Fonseca (MercedesN° 1) 589122E – 1341832N

Profundidad 40.49 m.s.n.m.

Estructura geológica: Falla Las Mercedes: condición activa y característica Normal

Secuencia estratigráfica.

(2010 -11- 045 –GAG)

589817E- 1343692N

Suelo Reciente (Hs) Suelo residual oscuro, orgánico, de textura areno arcillosa de depósitos de cenizas preexistentes.

Toba Amarillenta (Hrt-m) Toba El Retiro meteorizada y fracturada, de color amarillento.

Toba Gris compacta Amarillenta (Hrt?) toba de color gris muy compacta con lentes de caliches

Suelo Fósil (HPcl) Suelo arcilloso color café-claro a rojizo de característico, originado en ambiente reductor lacustre.

Toba Meteorizada (Pt₂-m) Toba meteorización es bastante deleznable.

Toba Gris Compacta (Pt₂) Toba de ceniza compacta. La compacidad de este horizonte de toba cuyo máximo espesor de 1.0 metros.



Interpretación 4

Los estratos correspondientes geotécnicamente a MH y ML varían de **10N** en la superficie y a medida que se incrementa la profundidad aumenta a **80N**. El Nivel freático se encuentra 40.4msnm. Las condiciones del suelo para este sitio son relativamente estables. La amplificación es igual a **Amplificación relativa = 2.052 A₀** por consiguiente **existe efecto de Sitio**.

6.4 Factor desencadenante

6.4.1 Actividad sísmica

Para este estudio se considero la actividad sísmica como el principal factor desencadenante proveniente dos fuentes sísmicas

- a) Proceso Subducción de la placa Coco por debajo de Caribe.
- b) La sismicidad asociado al fallamiento local.

Los registro de sismos de foco profundo se caracterizan por producir pocas ondas de superficie o despreciables, en cambio los registros de sismogramas para eventos de focos superficial y somero muestran ondas sísmicas de cuerpo y ondas de superficie. Parte de energía liberada durante un evento sísmico se transmite como ondas Rayleigh, cuyo modo y velocidades de propagación se pueden estimar y medir con arreglos instrumentales para obtener información sobre la característica de los parámetros elásticos de la corteza terrestre.

6.4.1.1 Actividad sísmica regional

Evento sísmico de magnitud 4.3ML asociado al proceso de subducción localizado frente costa de Corinto, con profundidad 57.9 km ubicado en las coordenadas (12.297N -87.584). El registro (Figura 18) muestra dos registros para dos estaciones sísmicas ubicadas: estación Copaltepe COPN (12°10.80' 86°35.50') y la estación INETER Managua MGAN (12°08.81' 86°14.83'). Las señales sísmica para cada uno de los registros son diferente, lo cual se debe: Condiciones geológica difieren para sitio; por lo tanto el registro serán diferente.



6.4.1.2 Actividad sísmica local.

Evento sísmico de magnitud 2.8ML asociado fallamiento local, con profundidad 4.3 km ubicado en las coordenadas (12.195N -86.243). El registro (Figura 19) muestra dos registros para dos estaciones sísmicas ubicadas: estación Copaltepe COPN (12°10.80' 86°35.50') y estación INETER Managua MGAN (12°08.81' 86°14.83'). Las señales sísmicas para cada uno de los registros son diferentes, lo cual se debe: Condiciones geológicas difieren para sitio; por lo tanto el registro será diferente.

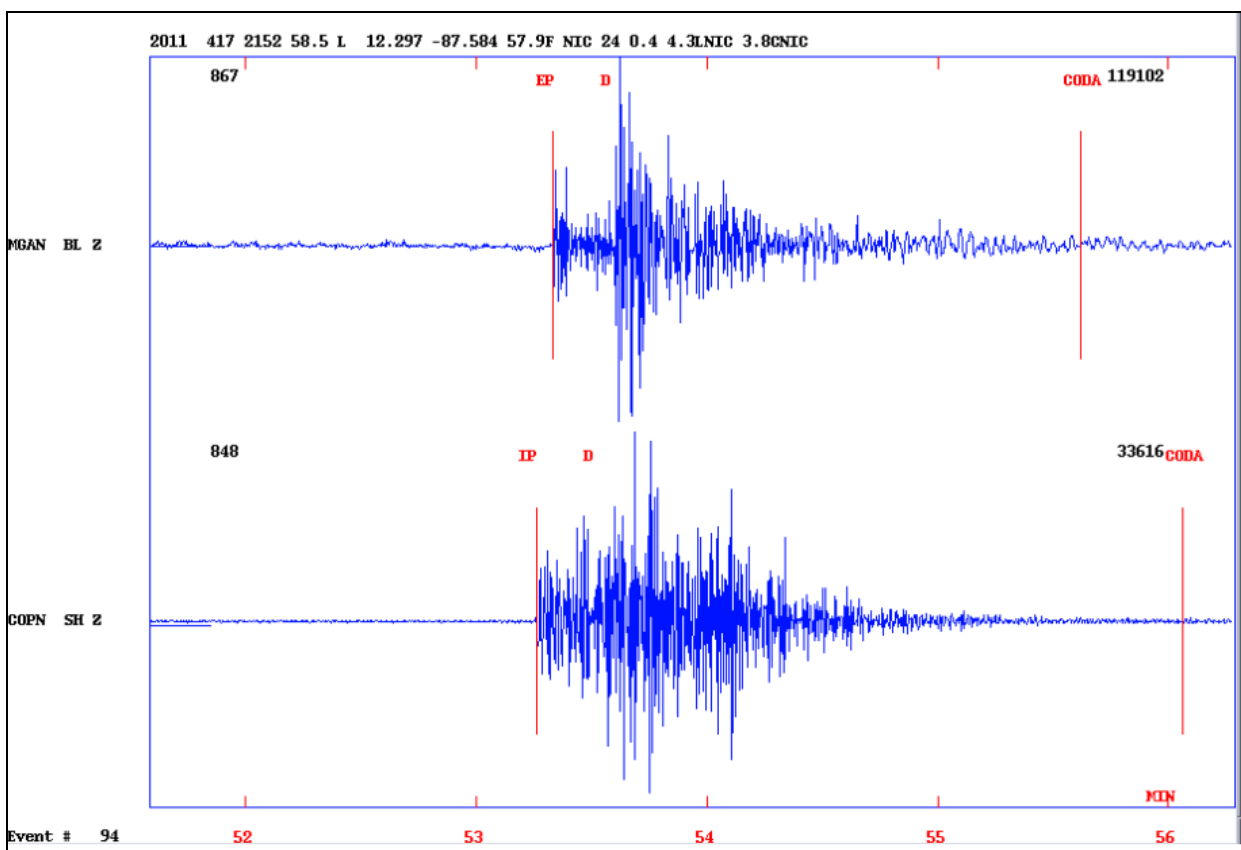


Figura 21. Evento sísmico localizado en la zona de subducción registrado 17 de Abril de 2011.

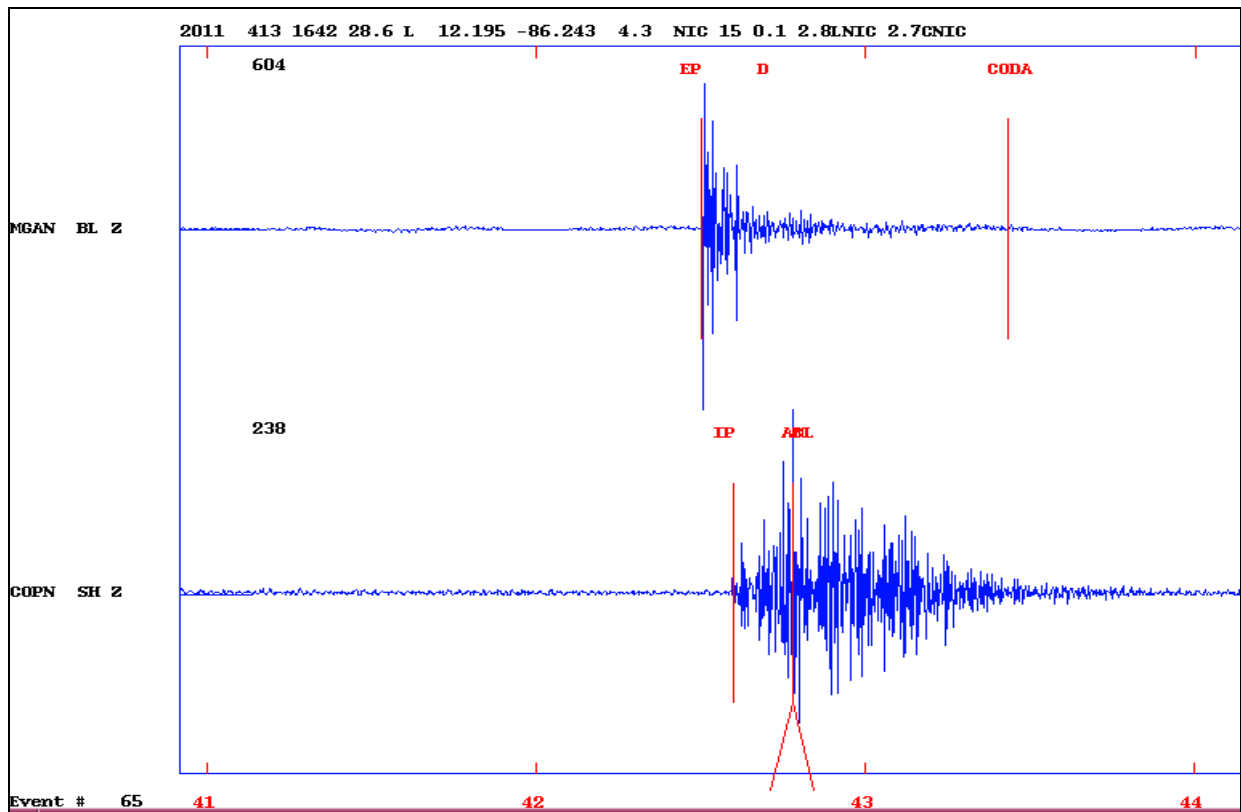


Figura 22. Evento sísmico localizado en fallamiento locales ocurrido 3 de abril de 2011.

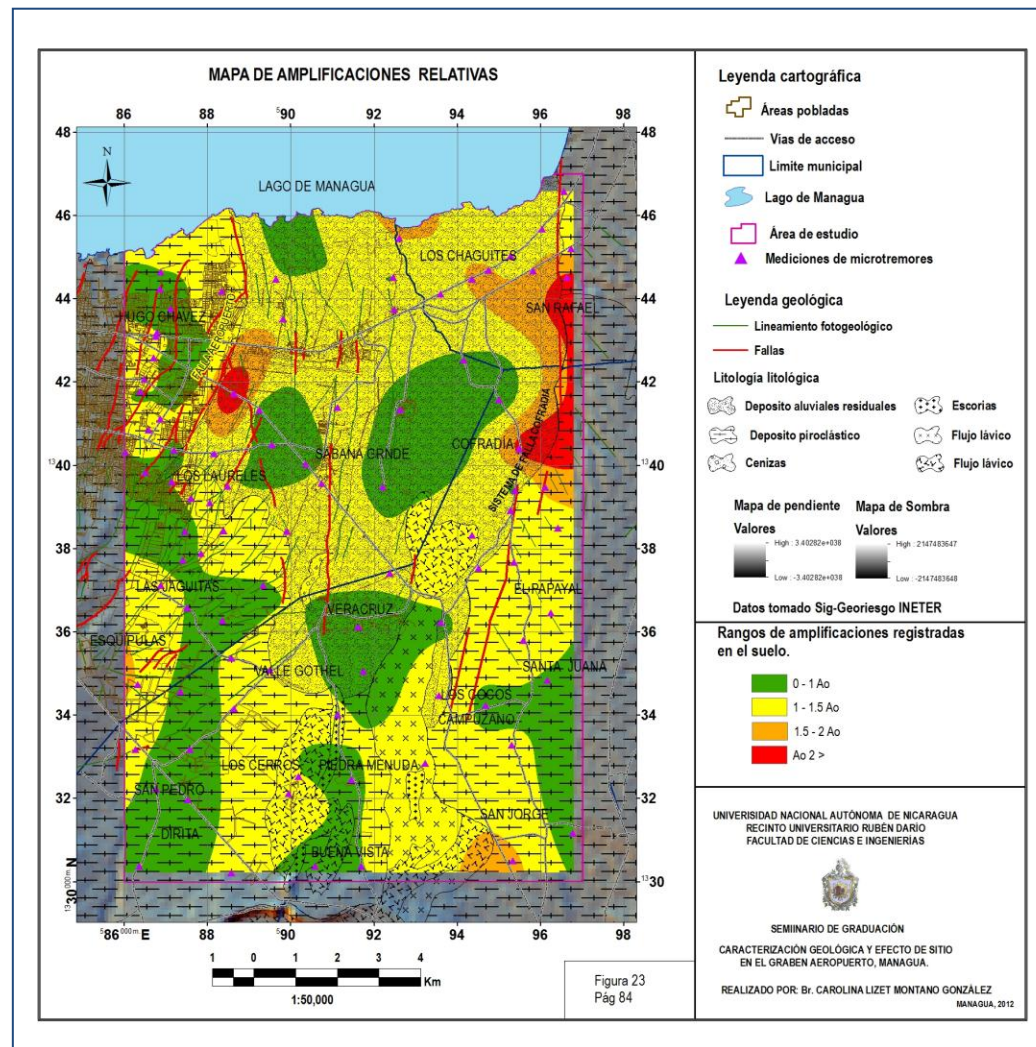


Figura 23 Mapa de amplificaciones relativo

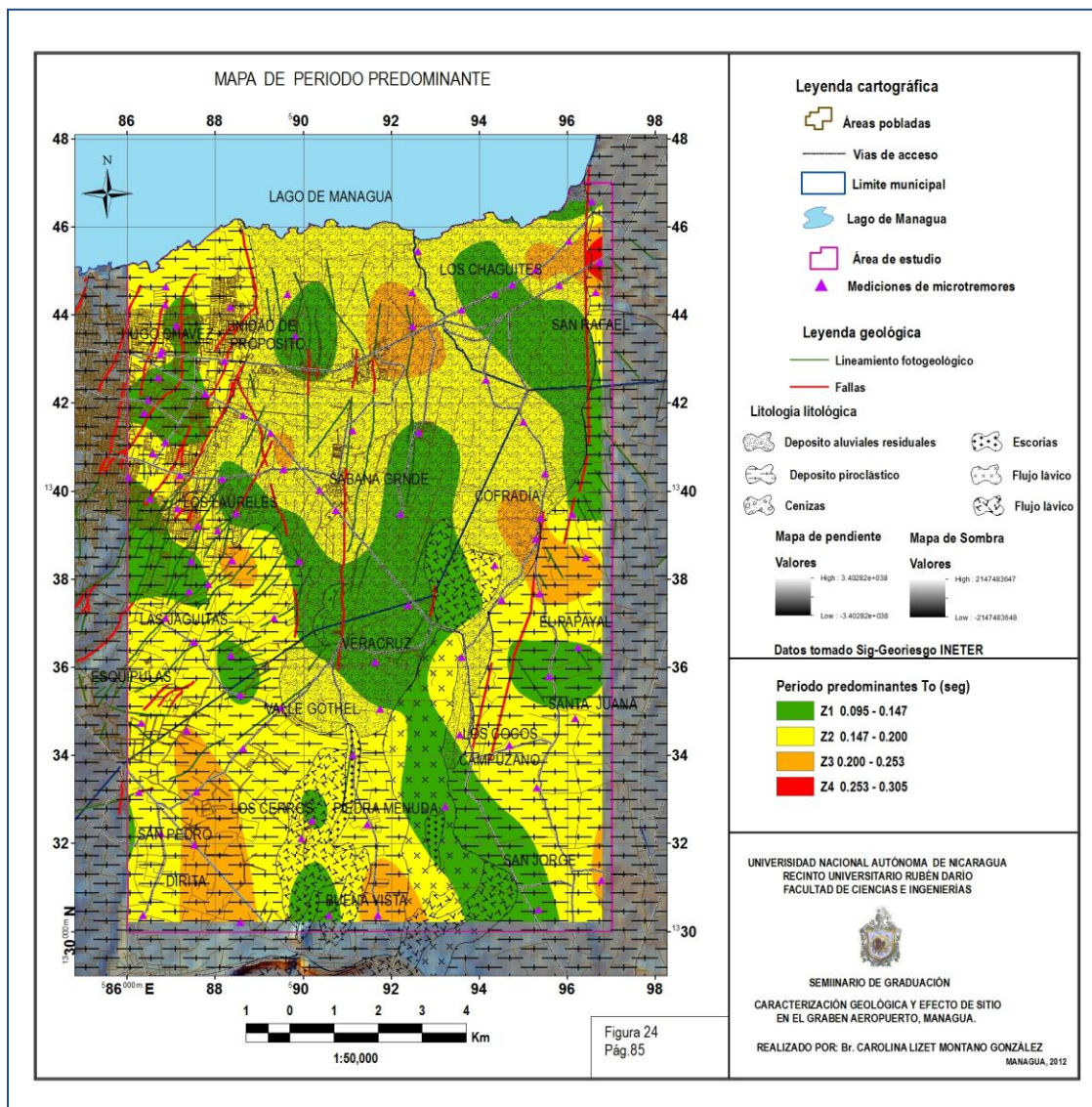


Figura 24 Mapa de periodo predominante



7. DISCUSIÓN

- El área de estudio esta conformada por depósitos aluviales y residuales cuya composición litológica esta constituido arena, limoso, grava y bloque diferente composición y diámetro dispuesto extensa zona de deposición y el tipo de energía impartida para transportar. Los depósitos volcánico conformado por los materiales provenientes de las emisiones de las actividades del volcán Masaya, cuya composición litológica comprendido por: los flujos lávicos, escoria de deposición aérea (Heu), flujo piroclástico(Htpc), toba fina – gruesa y taba aglomeradica (TQps). Y depósitos de origen fisurales asociados a estructura alineada en zona fracturada formando pequeñas estructuras monogenética constituida por pequeños conos de escoria y cenizas.
- Los espesores de los estratos varían de acuerdo topografía, procesos erosivos, modo de deposición.
- Las condiciones geotécnicas de los depósitos superficiales se consideran estable, los distribuidos en el área de estudio presentaron propiedades heterogéneas estrechamente relacionadas con a la granulometría, resistencia a la penetración y presencia del nivel freático. La resistencia a la penetración es variable encontrándose valores N relativamente bajos en las capas superficiales correspondiente a 8N a 10N y a medida que se incrementa la profundidad aumenta de 30N a < 40N relacionado a materiales MH, SM, ML.
- La Topografía superficial estas compuestas características bien definidas terrenos con el pendiente menores a 0° -2° con alturas 20 – 30 m.s.n.m, ligeramente inclinada hacia el norte localizada en la parte llana correspondiente la extensa zona deposición con pendiente 2° – 5° con altura entre 30 – 60 m.s.n.m. Fuertemente inclinada localiza en la zona pendiente 5° – 15° y alturas 80 -140 m.s.n.m. Muy inclinado correspondiente a los relieve con pendiente 15° – 35° cuya alturas varían de 140 - 210 m.s.n.m
- Las fallas de presentes en el área se caracterizan por presentar característica sísmicas que las se clasifica activa: Falla Cofradía, Falla Aeropuerto, Falla Las Mercedes, Falla Los Bomberos, Falla Occidental, Falla Ramal Aeropuerto y Falla ENAG.



- Los valores de amplificaciones relativa varían desde 0.50 A_0 mínimo hasta 4.220 A_0 máximo. En la figura 27 mapa de amplificaciones relativa se observa que los valores mas altos de localizan en dos zonas bien definidas la primera se localiza bien próxima al Sistema de Falla Cofradía, el segundo cercano a la falla Aeropuerto.
- De acuerdo con el reconocimiento geológico los materiales que conforman la secuencia estratigráfica cercana al segundo segmento de sistema de falla Cofradía son suelo reciente, flujo piroclástico y toba aglomerádica. Estas dos ultima unidades presenta propiedades geotecnias estable con respecto a la compacidad y los valores encontrado con respecto a la amplificación relativamente son alto los cuales difieren. ya que los valores altos de amplificaciones se asocian a materiales relativamente blando con valores menores de $N \approx 10$. El segundo punto relacionado a los valores altos de amplificación se localiza entre dos falla: Falla Aeropuerto y Falla Ramal Aeropuerto, la compacidad estable.
- El periodo predominante presenta valores mínimos de 0.115 seg. hasta 0.302 seg. máximos .En la figura 28 los valores más altos se localizan sobre la Falla Cofradía. El área de influencia es bastante pequeña. Los valores se encuentran bien definidos los cuales se extiende en dirección SE hasta llegar zona de Sabana Grande.



8. CONCLUSIONES.

- Las características de los materiales geológicos que conforma la secuencia litoestratigráfica dentro del área de estudio pertenece en su mayoría al Grupo Managua y se ha considerado a la Formación La Sierra como basamento, dicho materiales han sido afectado por una serie de fallas con dirección NE – SW.
- Los materiales en su mayoría presentan propiedades geotécnicas estables para la realización de proyecto civiles, no obstante se debe considerar algunos lugares que presentan condiciones desfavorable, estos sitio probablemente estén localizados en la parte mas baja con altura no mayor de 60 m.s.n.m. los materiales posiblemente este asociado a materiales aluviales en su mayoría de composición limo – arenosa.
- Los resultados de valores obtenidos para la amplificación relativa se localizan dos puntos bien definidos. Primer caso se localiza cercano al Sistema de Falla Cofradía en dicho zona el material característico es la toba aglomerádica; considerada como un material dinámicamente estable pero los valore de amplificación se relacionan a un materiales de consistencia bastante inestable. Posiblemente la falla actuando mecánicamente en el material provocando deformación y el régimen de desplazamiento, de esta manera los materiales en la falla sísmica son frágil poco cohesiva en la superficie y cohesiva en la profundidad. Segundo caso se localiza próxima en la intersección de Falla Aeropuerto y Falla Ramal Aeropuerto de igual forma probablemente la falla esta afectando directamente los materiales.
- De acuerdo con los resultado obtenidos mediante la aplicación de la Técnica de Nakamura se determino que 62 punto presentaron amplificación en el orden de 1.505 A_0 mínimo hasta 4.220 A_0 y con periodo predominante valores varían 0.113 seg. hasta 0.303 seg. los cuales se encuentran disperso en toda el área. Dicho valores coinciden con las condiciones locales que influye en la ocurrencia de efecto de sitio.



- De acuerdo con la interpretación y correlación de la información las condiciones influyen directamente en la ocurrencia del efecto de sitio. De ocurrir un evento sísmico de considerable magnitud se podrían amplificar algunos de los lugares que presente condiciones geotécnicas relacionada a suelo con valores menores de 10N.
- No se logro de termina la influencia de los eventos sísmico proveniente de las diferentes fuentes sísmica, debido a que se no contar con suficiente información sísmica para su interpretación.



9 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda incrementar el numero de mediciones para la comprobación sobre los puntos de microtemores probables efecto de sitio y los puntos de frecuencia dominante donde los valores fueron mayores 4 seg., los cuales se encuentran cercado a fallas.
- Se realizar estudio más detallado referente a determinar las condiciones geotécnicas para esta área de estudio, la cual es objeto de crecimiento urbano e infraestructura.
- En caso de realizarse infraestructuras ya sea habitacional o industriales en el área del Graben Aeropuerto. Se recomienda el uso de los mapas de periodos, y amplificaciones relativas, que se encuentran representado en los Mapa figura 23 y 24.
- Se debe considera que esta área como fuente de abastecimiento de agua potable para toda la zona aledaña y principalmente para la ciudad de Managua, y por ende se debe hacer bueno del suelo.



10 GLOSARIO

- ≈ **AMENAZA O PELIGRO:** evento amenazante, o probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino dentro de un área en un período de tiempo dado.
- ≈ **CARACTERIZAR:** La Real Academia Española define “caracterizar” como “determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás”. En este contexto geológico, la **caracterización geológica** se entiende como la determinación de propiedades peculiares o particulares de un área en particular.
- ≈ **CONO DE CENIZAS:** Cono volcánico de pequeñas dimensiones, constituido predominantemente de cenizas. Sinónimo: cono cinerítico.
- ≈ **CONO DE ESCORIA:** Volcán pequeño, independiente, monogenético, de forma cónica, constituido de escorias, bombas y material volcánico más fino, generalmente de composición basáltica y andesitobasáltica. En la parte interior del cono de escoria el material detrítico algunas veces adquiere color rojo ladrillo.
- ≈ **EFEECTO DE SITIO:** Se define como la influencia que poseen las condiciones geológicas, topográficas, hidrogeológica, propiedades geotectónicas de los estratos más superficiales de la corteza terrestre en la interacción de movimientos sísmicos para determinado sitio.
- ≈ **ESCORIA VOLCÁNICA:** Fragmentos de lava esponjosos arrojados por el cráter durante las erupciones volcánicas, que se enfrían en el aire. Se forman de magmas muy fluidos de los cuales se desprenden fácilmente los gases. También se forma en las superficies de los derrames, al enfriar, por bruscos desprendimientos de gases.
- ≈ **EVENTO SÍSMICO:** Evento físico causado por la liberación repentina de energía debido a una dislocación o desplazamiento en la corteza terrestre; parte de la energía es irradiada en todas direcciones en forma de ondas elásticas u ondas sísmicas. Es percibido en la superficie como



una vibración del terreno, y se le denomina temblor cuando no causa daños, y terremoto cuando la sacudida es violenta y el evento es destructivo, causando danos severos o víctimas.

≈ **FALLA:** Plano o zona de ruptura en el sustrato rocoso a lo largo de la cual se produce un desplazamiento. Las fallas con desplazamiento vertical forman un bloque levantado y otro hundido, cuando la falla está inclinada resulta un bloque del bajo y un bloque del alto.

≈ **FENÓMENO NATURAL:** Toda manifestación de la naturaleza como resultado de su funcionamiento interno, como por ejemplo los fenómenos meteorológicos (huracanes, tormentas, altas precipitaciones) y los geológicos (terremotos, erupciones volcánicas, inestabilidad de ladera, licuefacción)

≈ **GRABEN - FOSA TECTÓNICA O FOSA DE HUNDIMIENTO:** Bloque hundido entre dos falla paralelas.

≈ **INTENSIDAD SÍSMICA:** Es una medida relativa de la fuerza sísmica en un punto determinado, depende de la magnitud del sismo, la profundidad de la zona de liberación de energía, de las características físicas locales del sitio y la distancia del sitio al área epicentral. Las escalas de la intensidad que se emplean generalmente son la Mercalli, Mercalli modificada y Rossi – Forel.

≈ **LINEAMIENTO:** Estructura geológica o rasgos físico – geográficos de carácter regional, con orientación definida en línea recta o curva, de origen tectónico (generalmente debido a una falla cortical). Los lineamientos se reconocen en líneas de costa, valles fluviales, cadenas montañosas, escarpes, volcanes alineados, depresiones alargadas (trincheras, fosas tectónicas, etc)

≈ **MAAR:** Equivalente a cráter de explosión, con un fondo relativamente plano y chimenea, rodeado de una cresta de material no consolidado, con poca altitud, formando en conjunto un cono. La erupción arroja rocas del sustrato y, con menor frecuencia material volcánico fresco.



- ≈ **MAGNITUD:** Es una medida cuantitativa e instrumental del tamaño del evento, relacionada con la energía sísmica liberada durante un evento sísmico. La magnitud de un terremoto se mide usualmente en la escala de Richter.
- ≈ **MICROTREMORES:** Los microtemblores, también llamados ruido ambiental, microtrepidaciones, microtemblores, oscilaciones omnipresentes y ruido de fondo, son vibraciones aleatorias inducidas en las masas de suelo y roca por fuentes naturales y artificiales.
- ≈ **MITIGACIÓN:** es la planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo. La mitigación es el resultado de la aceptación de que no es posible reducir el riesgo totalmente.
- ≈ **PREVENCIÓN:** son las medidas y acciones dispuestas con anticipación, con el fin de evitar o impedir la ocurrencia de un evento adverso o de reducir sus efectos sobre la población, los bienes, servicios y en el medio ambiente.
- ≈ **SISMICIDAD:** la distribución mundial o local de terremotos en espacio y tiempo; un término general para el número de terremotos en una unidad del tiempo.
- ≈ **SISMOS:** es una vibración de las diferentes capas de la tierra, que se produce por la liberación de energía que se da al rozarse o quebrarse un bloque de la corteza terrestre.
- ≈ **SUBDUCCIÓN:** Se aplica al movimiento de una placa litosférica oceánica bajo otra continental. En la zona limítrofe de ambas se forma una trinchera. La expansión del fondo oceánico es el proceso contrario (tectónica de placas).
- ≈ **TREMOR VOLCÁNICO:** Se trata del movimiento sísmico inusual, de oscilaciones de baja amplitud que se originan en el propio volcán o en los conductos de lava y gases volcánicos



debajo de él. No se pueden sentir sino solamente registrar con sismómetros sensibles. Las amplitudes varían generalmente entre 10 y 80 unidades de amplitud en episodios cortos de algunos minutos de duración alcanzan hasta 150 unidades.

≈ **VULNERABILIDAD:** grado de pérdida (de 0 % a 100 %) como resultado de un fenómeno potencialmente dañino.

11. BIBLIOGRAFÍA

Dames & Moore (1978)

Estudio geológico de las ciudades del sistema metropolitano Tipitapa, Granada, Masaya y Dolores, Carazo.

Garayar (1977)

Investigación Geológica de la Falla Las Mercedes
Instituto de Investigaciones Sísmicas

González de Vallejo (2002)

Ingeniería geológica

Guzmán, A & Lindholm, C (1998)

Estudio de Respuesta de Sitio para Managua, Nicaragua. Reporte técnico I

Hodgson V, G (1998)

Fundamentos de Geología (Relativo a Nicaragua). 3ª. Edición.
Managua, Nicaragua.

Hodgson V, G (2000)

Georgia regional de Nicaragua. Introducción al léxico estratigráfico de Nicaragua

Hradecky. P. (1997)

Estudio geológico para reconocimiento de riesgo natural y vulnerabilidad geológica en Managua.

IDNDR (2000)

Decenio internacional para la reducción de los desastres naturales
Glosario de términos convenidos internacionalmente relativos a la gestión de desastres.

INETER (2002)

Actualización del mapa de fallas geológicas de Managua. Informe técnico



INETER (2002)

Actualización del mapa geológico estructural del área de Managua. Informe final estudio geológico para el reconocimiento de fallas superficiales. Planchas topográficas escala 1:10000. Aeropuerto 2952-02, Sabana Grande 2952-06 y Monte Tabor 2952-3-11.

INETER (1998)

Microzonificación sísmica de Managua

Kuang S, Juan (1973)

Estratigrafía y Tectónica de Managua.

Martínez B, W (1992)

Tesis doctoral: Tectónica and volcanic geology of the Nejapa aliment en Managua, Nicaragua Niigata University Japan

Nakamura, Y (1989)

Microtremor on the Ground Surface
Quarterly Report of RTRI Vol. 30, No. 1, '89. Feb.

Picado & Parrales (2001)

Análisis de Espectro de Respuesta en el Área de la Ciudad de Managua.

UNI – RUPAC

Pilato Quevedo, M (2004)

Estudio geológico con énfasis en la evaluación de peligro por inestabilidad de ladera del volcán Mombacho.

Proyecto SUWaR – ENACAL (2000)

Aplicación del modelo matemático en la subcuenca Oriental y regulaciones de las actividades económicas para la protección de sus campos de pozos.

Romero López, C (2005)

Estudio del Efecto de Sitio en área urbana de las ciudades de Masaya y Catarina.

CIGEO/UNAN-Managua

Sauter F, Franz (1989)

Fundamentos de Ingeniería Sísmica. 1ª edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica

Secretaría Ejecutiva - Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de desastres (SINAPRED) e Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), (2004)

Estudio de la vulnerabilidad sísmica de Managua
Informe revisión de la información versión 1.0



Segura Mojica, F. (1997)

Amenaza sísmica para el centro de la ciudad de Managua, Nicaragua.

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Sequeira & Cruz (1994)

Manual de Investigación "Investigar es Fácil"

SINAPRED (2005)

Reglamento Nacional de construcción

Sundblad (1991)

Cumming, G. L., Krstic, D., 1991 Lead isotope evidence for the formation of epithermal gold quartz veins in the Chortis block Nicaragua. Economic geology, vol. 86, pp 944 – 959.

Wilfred Strauch y otros INETER (2000)

Microzonificación Sísmica de Managua.

11.1 Bibliografía obtenida de Internet

Pilar E. Cuadra M. (2007)

Aplicación de técnicas de vibraciones ambientales: Análisis de Microtremores y vibraciones naturales para la caracterización de Sitio

<http://www.gc.usb.ve/geocoordweb/Tesis/Pre/Pilar%20Cuadra.pdf>

Estudio de Microtrepidaciones

[informe%20chilina%5B1%5D.pdf](#)

Figura proceso de Subducción

<http://www.mediateca.cl.htm>

Equipo GeoSig

<http://www.geosig.com/>

A. Ojeda C

Evaluación de efectos de sitio para la microzonificación sísmica de Pereira

http://seisan.ingeminas.gov.co/RNAC/images/stories/mac/pdfs/Efectos_Sitio/efectos_sitio_pereira.pdf

La respuesta sísmica de los suelos

<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3363/7/36067-7.pdf>

Peligrosidad y prevención en algunas zonas urbanas de México

Lermo y Vega (2008)



Propuesta de clasificación geotécnica del “Efecto Sitio” (Amplificación Sísmica) de las formaciones geológicas de la Región de Murcia

M. Tsige e I. García Flórez

<http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo40/Geo40-10.pdf>

Microtremores

Sheila A. Yauri C.

http://www.igp.gob.pe/sismologia/servicios/biblioteca_cndg/compendio/rev2005.pdf/cndg_sheila_ver2.pdf

Microzonificación de Managua

<http://www.ineter.gob.ni/geofisica/sis/proyectos/micromana/index.html>

SEISAN

EARTHQUAKE ANALYSIS SOFTWARE FOR WINDOWS, SOLARIS, LINUX and MACOSX

Versión 9.0

<ftp://ftp.geo.uib.no/pub/seismo/SOFTWARE/SEISAN/seisan.pdf>

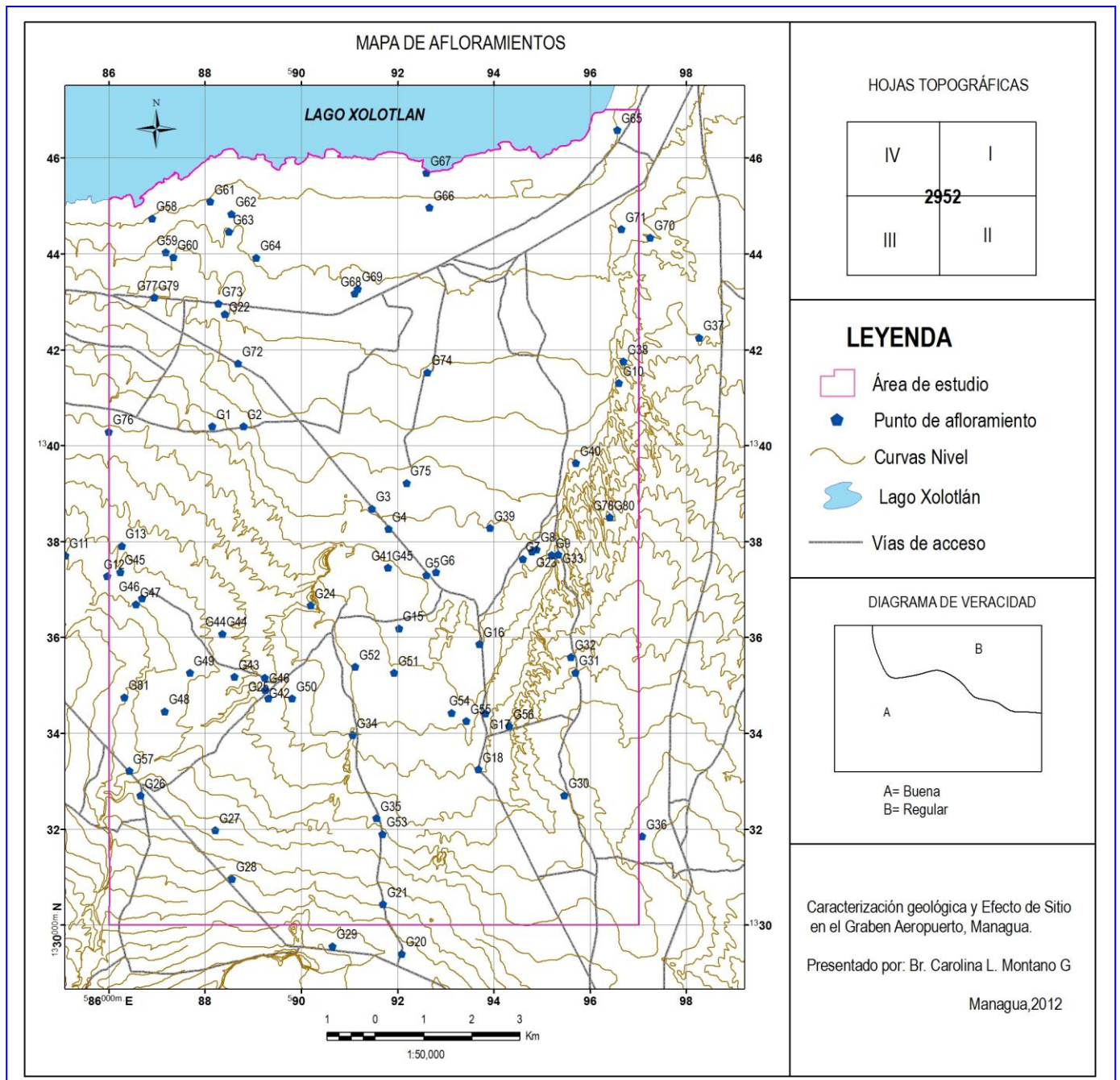


12. ANEXOS



Anexo 1.

Figura 25. Mapa afloramiento





Anexo2.

Tabla 6 Afloramientos geológicos

Código	X	Y	Localización	Litología
G 1	588160	1340332	Sabana Grande	(Hs)Suelo reciente , (Hrt – w) Toba El Retiro, (Htpc) Toba Ticuantepe
G 2	588803	1340400	Sabana Grande	(Hsr) Suelo Residual
G 3	591469	1338684	Sabana Grande	(Qal)Terraza aluviales con pequeña marca de estratificación cruzada
G 4	591814	1338258	Sabana Grande	(Qal) Aluvial con abundante fragmento redondeados de diámetro 2 – 10cm
G 5	592606	1337297	Sabana Grande	Bloque diverso Diámetro y composición
G 6	592804	1337355	Veracruz	Cono de Escoria con estructura pseudoestratificado
G 7	594602	1337632	Cofradía	(Hs) Suelo Moderno, (Hrt-w) Toba El Retiro, (Htpc) Toba Ticuantepe
G 8	594890	1337835	Cofradía	Suelo aluvial
G 9	595204	1337713	Cerro Monte Oro	(Hs)Suelo reciente , (Hrt-w) Toba El Retiro, (Htpc) Toba Ticuantepe , (TQps) Toba aglomeradica
G 10	596600	1341300	La Coyota	(TQps) Toba aglomerádica
G 11	585105	1337710	Camino Jaguita - Vanegas	(Hs) Suelo reciente, secuencia compuesta por tobas de textura arenosa – cenizas. (Htpc)
G 12	585975	1337274	Los Vanegas	(Hrt)Toba El Retiro (Hrt)Toba El Retiro, (Htpc) Toba Ticuantepe, escoria
G 13	586273	1337907	La Enramada	(Hs)Suelo reciente (Hrt-w)Toba El Retiro meteorizada, (Hrt) Toba El Retiro, (Hsj) San Judas, (Hsf)Suelo fósil , (Pbl) Lapilli Fontana
G 14	589244	1335157	Los Vanegas, camino Jaguita - Veracruz	(Htpc) Secuencia de Tobas de cenizas y arena
G 15	592033	1336185	Veracruz, Camino a Cofradía	Bloque rodado, varia ϕ y composición
G 16	593702	1335859	Camino Cofradía - Nindirí	(Hs) Suelo Reciente, (Htpc) Toba Ticuantepe
G 17	593830	1334411	Comunidad Los Cocos - Campuzano	Toba masiva de coloración blanquecina
G 18	593684	1333244	Campuzano	(Hs) Suelo reciente (Hrt-w)Toba El Retiro , (Htpc) Flujo piroclastico Ticuantepe, (TQps) Toba aglomeradica
G 19	595222	1327137	Los Chilamate – Nindirí	Secuencia cíclica de arena y ceniza de color gris
G 20	592091	1329401	Buena Vista - Piedra Quemada	Toba meteorizada, Secuencia de tobas de arena y cenizas de gris
G 21	591701	1330435	Rosa Liz - Piedra Quemada	(Hs)Suelo Reciente, (Hrt-w) Toba El Retiro, (Htpc)Secuencia arena y toba cenizas de gris



				compactas
G 22	588416	1342738	Carretera Norte	(TQps) Toba aglomerada con abundante litípicos, pinolitos.
G 23	594795	1337792	Camino Cofradía - Nindirí	Depósito fluvial.
G 24	590203	1336665	Cerro Veracruz	Deposito Freatomágico
G 25	589324	1334723	Carretera Veracruz	(Hs)Suelo Moderno, (Htpc)Toba Ticuantepe
G 26	586664	1332699	km 14 Carretera Masaya - Managua	(Hs)Suelo reciente, (Ht) Toba , (Heu)Ultima escoria, (Htpc) Toba Ticuantepe
G 27	588217	1331975	Los Madrigales	(Hs)Suelo reciente, (Htpc) Toba Ticuantepe
G 28	588562	1330963	Los Madrigales, cerca de la Planta Tip - top	(Hs) Suelo reciente, (Htr- w)Toba El Retiro , (Heu) Ultima escoria (Htpc)Toba Ticuantepe
G 29	590656	1329559	Los Cerro	(Ql) Flujo lávico
G 30	595470	1332703	Camino al Ceibal	(Hs)Suelo Moderno, (Hrt-w) Toba El Retiro meteorizada, (Htpc) Toba Ticuantepe
G 31	595693	1335265	San José	(Hs)Suelo Reciente (Hrt-w)Toba Meteorizada
G 32	595605	1335589	Camino a San Joaquín	(Hs)Suelo reciente, (Hrt- w)Toba El Retiro bien fracturada, (Htpc) Toba Ticuantepe bien compacta (Htpc-a) toba atenacea bien compacta
G 33	595345	1337727	Cerro Monte Oro	(Hs)Suelo reciente, (Htpc)Toba Ticuantepe, (TQps) Toba aglomerádica
G 34	591074	1333957	Camino hacia Veracruz	Cono de Escoria, estructura pseudoestratificado
G 35	591562	1332225	Piedra Menuda	(Hs)Suelo Reciente, (Htpc) Toba Ticuantepe, toba Masiva semejante al cauce Campuzano
G 36	597083	1331851	Los Altos de Masaya	Hs, Htpc con flexura
G 37	598265	1342248	Los Cedros	(Hs)Suelo reciente, (TQpc) toba aglomerádica con abundante carbonato de calcio
G 38	596696	1341751	La Coyota	(Hs)Suelo reciente, (TQpc) Toba aglomeradica con abundante pisolitos de varios diámetros
G 39	593929	1338277	Monte Carmelo	(Ql) Colada de lava /Banco de explotación
G 40	595708	1339634	Camino al Papayal	(Htpc) Toba Ticuantepe
G 41	591810	1337453	Calicata elaborada	Hr, Hal3, Hal2, Hal1 Suelo + Depósitos aluviales
G 42	589252	1334903	Camino a Veracruz	(Hs)Suelo reciente , (Htpc) Toba Ticuantepe
G 43	588622	1335173	Camino a las Jaguitas	
G 44	588362	1336070	Residencial Toscana	(Hs)Suelo reciente , (Hrt)Toba El Retiro, (Heu) ultima escora, (Htpc)Toba Ticuantepe
E 45	591810	1337453	Camino a Esquipulas	(Hs) Suelo Reciente
G 46	589252	1334903	Camino a Esquipulas	
G 47	588362	1336070	Residencial Toscana (Camino Las Jaguita -	(Hs)Suelo reciente, (Htr- w) Toba El Retiro meteorizada, (Htpc) Toba Ticuantepe, (Heu)



			Sabana Grande)	Ultima escoria, (Htpc- a) Toba Ticuantepe de arena
G 48	586250	1337364	Camino Las Jagüitas - Veracruz	(Hs) Suelo reciente, (Htr- w) Toba El Retiro, (Hrt) Toba El Retiro,(Htpc) Toba Ticuantepe
G 49	586693	1336809	Camino a Esquipulas	(Hs) Toba Ticuantepe, (Hrt – w)Toba El Retiro, (Heu) Ultima escoria, (Htpc) Toba Ticuantepe
G 50	586574	1336683		
G 51	587174	1334455	Los Vanegas	(Hrt)Toba El Retiro (Htpc) Toba Ticuantepe
G 52	587690	1335260		(Hs)Suelo reciente, (Hrt-w) Toba El Retiro , (Htpc) Toba Ticuantepe
G 53	589815	1334725	Residencial Ciudad Real	(Hs)Suelo reciente (Hrt-w)Toba El Retiro meteorizada (Htpc) Toba Ticuantepe zanja hecha drenaje pluvial dimensiones 3m x 5m profundidad x 50 largo
G 54	591932	1335257		(Ql) Colada lavica escoria vesicular
G 55	591122	1335382		
G 56	591695	1331897	Camino Veracruz, Piedra Quemada	Hs, Hrt-w, Htpc
G 57	593125	1334425	Localidad El Portillo	Flujo de lavico Qal contacto con Htpc
G 58	593430	1334250		Hs, Hrt-w interface 0.10m toba arenacea compacta de color gris Htpc
G 59	594324	1334145	Santa Juana	Hs, Htr, Ht, Ht pisolito, Htpc
G 60	586430	1333215		Htpc Ticuantepe
G 61	586906	1344736	Hugo Chávez	Hs, Ht-a bien compacta, Ht ceniza, Ht-arenosa
G 62	587187	1344028	Cause Camilo Chamorro	Hs, Hrt, TQps
G 63	587352	1343930	Colegio de Barrio Camilo Chamorro	(Hs)Suelo reciente, (Hrt) Toba El Retiro
G 64	588114	1345087	Planta de tratamiento de agua residuales	(Hs) Suelo reciente, Secuencia de toba gris Nota: No se constato su composición no hubo acceso
G 65	588554	1344832	Proyecto Belice	(Hs)Suelo reciente, (TQps) Toba ceniza bien compacta con coloración blaquiciena carbonato de calcio, en la parte alta (Hal)Aluvial
G 66	588502	1344460	Cauce	Deposito de material de transportado, en el lecho se observa pequeña estratificación cruzada
G 67	589066	1343919		
G 68	596567	1346578		
G 69	592667	1344962	Los Chaguite	topografía plana
G 70	592607	1345685	Orilla del Lago de Managua	Sedimento compuesto por arcilla – arena



G 71	591115	1343168	UNA - Universidad Nacional Agraria	(Hs) suelo reciente, (Ht-a) Toba ceniza con abundante Caliche
G72	591176	1343268		Pozo 1.8m de profundidad Toba ceniza deleznable, toba compacta toba arenosa compacta gris
G73	597250	1344335	San Rafael (carretera vieja Tipitapa 3 Km al Este)	(TQps) Toba aglomerádica inverso en la matriz arenosa diverso fragmento lítico
G74	596654	1344512		(Hs) Suelo reciente escasamente, (Htpc)
G75	588695	1341710	Cauce	Hs, Hrt - w, Hrt, secuencia de toba ceniza y arenosa perteneciente a Htpc
G76	588277	1342956	Carretera Norte	Hs, TQps toba aglomerádica con vetilla de carbonato de calcio
G77	592622	1341525	Los corralito	topografía plana
G78	592190	1339221	San Cristóbal	topografía plana
G79	586007	1340288	Villa Reconciliación	Hrt, Hrt
G80	586946	1343086		
G81	596416	1338501	El Papayal	Hs, Hrt, Htpc
G82	586329	1334752	Los Vanegas	Htpc secuencia de toba ceniza, arenosa de color Gris

Anexo3

Tabla. 7 Inspecciones en trinchera hecha para los estudios de fallamiento superficial

No	Coordenada UTM WGS 84		Secuencia estratigráfica	Localidad	Fecha de inspección	Consultor
	E	N				
1	587328	1334735	(Hs)Suelo moderno,(Hrt-w) Toba El Retiro Meteorizada (Hrt) Toba El Retiro (Hsj) San Judas (Hsf) Suelo fósil (Pf) Lapilli	Villa Libertad	12/07/2006	Ing. Oscar Gutiérrez
2	589075	1340147	(Hs)Suelo moderno (Htpc1) Toba el Retiro fase Ticuantepe (Htpc) ceniza gris (H) Arena tipo Ticuantepe (Hfs2)Suelo fósil limo-arenoso (Hsj) San Judas (Hfs3) Suelo fósil limoso (Pegf) Lapilli grano grueso (Hsf) Suelo fósil pomaceo (Plwt) Toba tipo Aeropuerto.	Sabana Grande	02/04/2008	Ing. Noel Rodríguez



Tabla 8 Descripción de la calicata

<p>Proyecto: Tesis: Caracterización geológica y Efecto de sitio en el Graben Aeropuerto Managua. Calicata: calicata 1 Localización: Camino Sabana Grande – Veracruz Fecha de realización: 09 de enero del 2008 Coordenada : 591810 E 1337453 N</p>	
<p>Profundidad: 3 m Dimensiones 1 x 1 m x 3 m de profundidad Descripción: La topografía donde se proyecto la calicata es relativamente plana. Y carente de corte naturales que faciliten la descripción de estratigráfica local del área.</p> <p>Tierra Vegetal: 0.48 Nivel Freático: no se encontró</p>	<p>Columna 0.26 Suelo vegetal textura limo arenosa con abundante fragmento de líticos y tobas angulares. 0.28 se observa un lente depósito aluvial de granulometría muy gruesa a fina deleznable. 0.62 Suelo</p>



ANEXO 4

Características del equipo para medir microtremores
GeoSIG
GBV-316/ GBV-116 Seismic Recorder



ANEXO 4

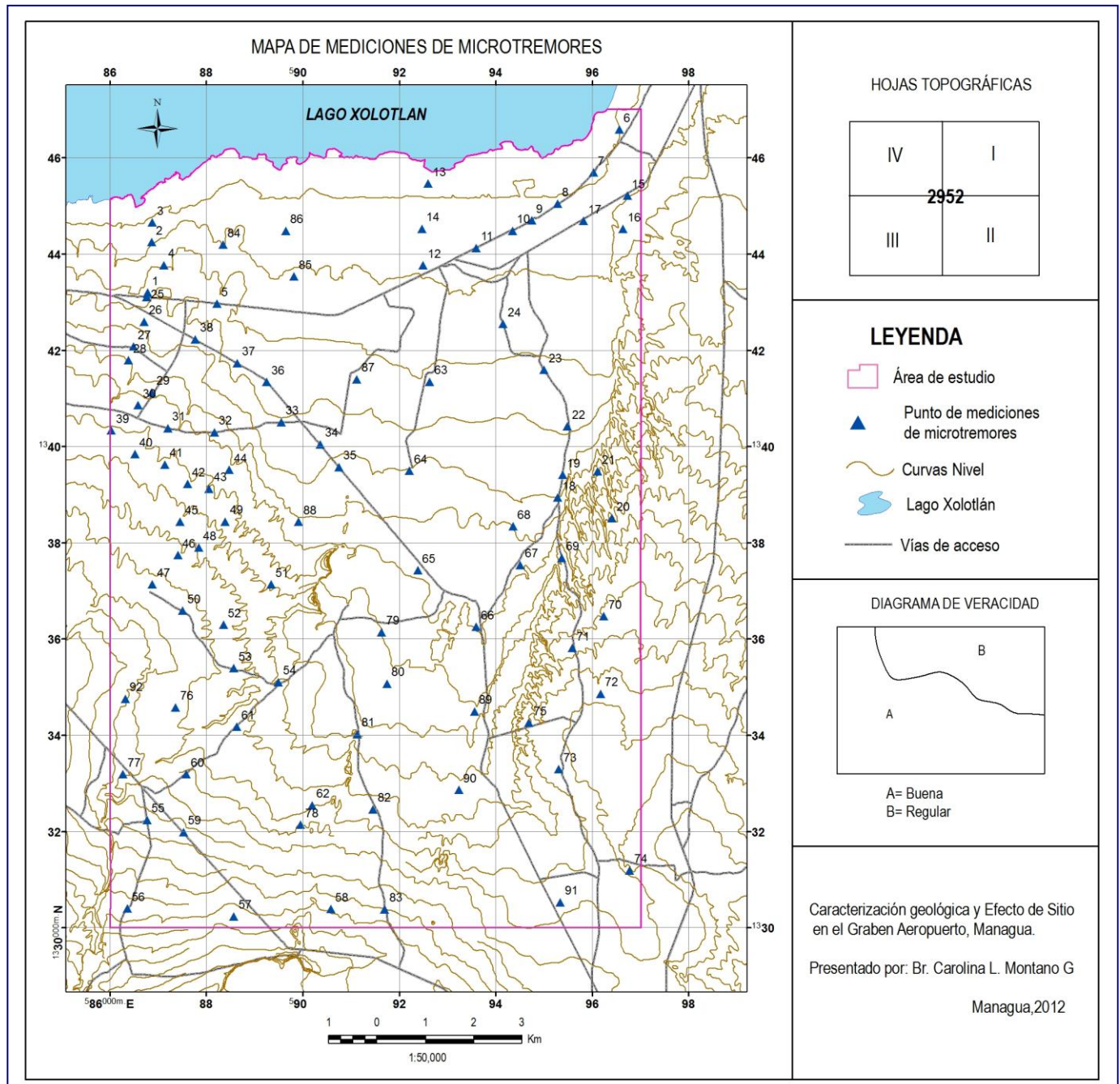


ANEXO 4



Anexo 5

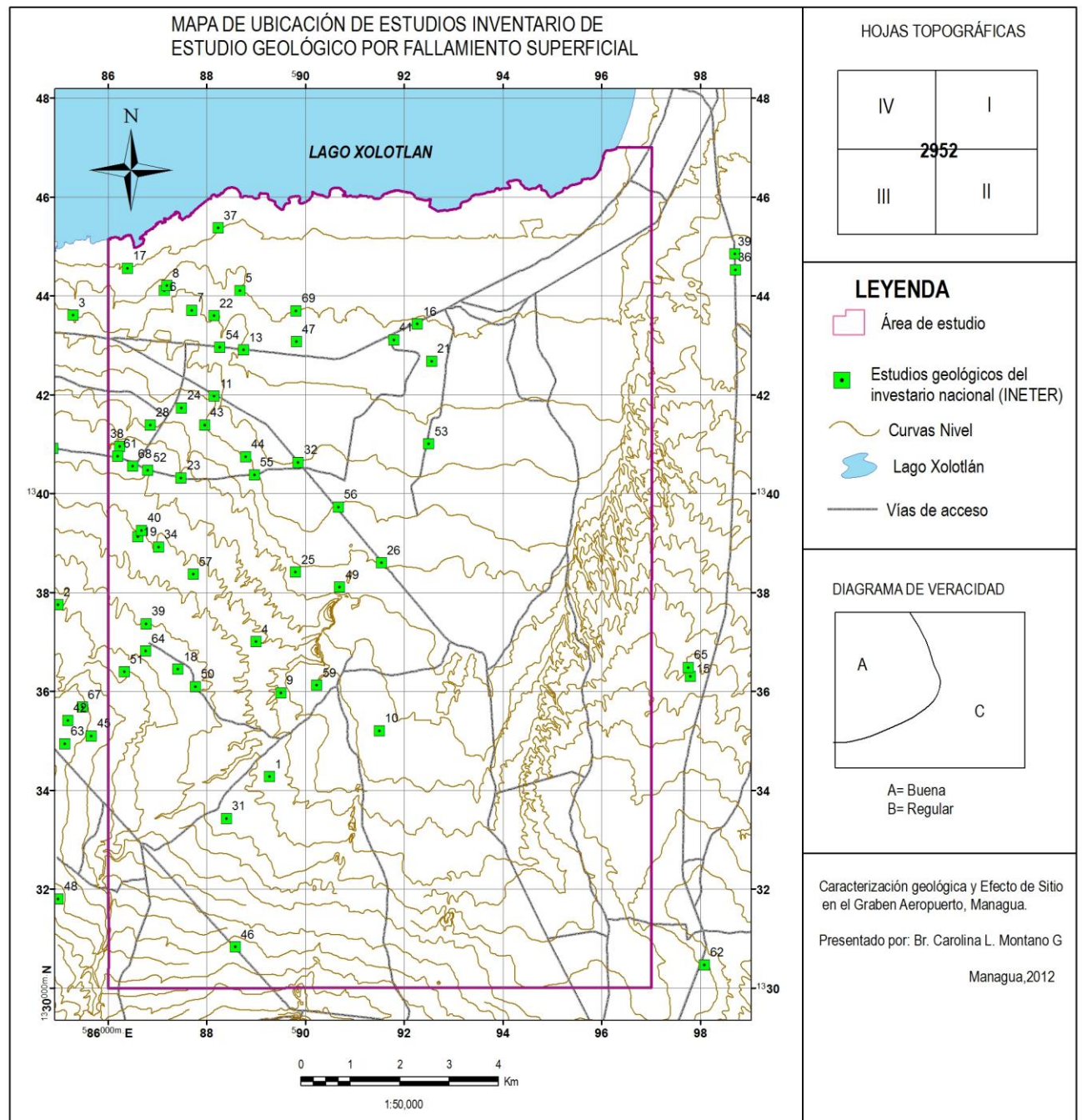
Figura 26 Mapa de mediciones de microtemores.





Anexo 6.

Figura 27 Mapa de estudio geológico por fallamiento superficial.





Anexo 7

Tabla 9 Estudios geológico por fallamiento superficial

No	Código	X	Y	Título del estudio	Localización del polígono	Consultor	Columna estratigráfica y espesor (m)
1	1999 - 02 - 01 - NRV	589281	1334271	Estudio geológico – geofísico para la zonificación por fallamiento superficial proyecto Urbanización Villa Colonial, para el valle Gothel, Nindiri, Masaya. Estudio elaborado en febrero de 1999 por los consultores Noel Rodríguez y Gustavo González.	Veracruz	Noel Rodríguez Villalta	Re relleno, (Hs) suelo reciente, (Hrt-w) Toba El Retiro meteorizada, (Hrt) Toba El Retiro, (Hbs) grano grueso (Hbs) grano fino Toba gris (Hal) aluvial
2	1999 - 03 - 06 - WMB	585000	1337750	Estudio geológico del riesgo sísmico para el proyecto las Jaguitas – Managua. Elaborada para Iberoamerica de inversiones, S. A IBASA.	Las Jaguitas	William Martínez	(Hs) Suelo reciente textura arcilloso arenoso limoso (Ht – w) toba local meteorizada (Ht) toba local, endurecida de grano fino y estructura masiva
3	1999 - 03 - 60 - NicaSolum	585300	1343600	Estudio geológico y de riesgo sísmico para la edificación estructura verticales	José Dolores Estrada (cerca de cervecería)	Nicasolum	(Hs) Suelo reciente, (Hrt) Toba El Retiro (Hs) Formación San Judas, (TQps – w) Formación Las Sierra meteorizada, (TQps – w) Formación Las Sierra meteorizada toba aglomerada, (TQps) formación Las Sierra Toba aglomerada con pisolitos y vetillas de carbonato de calcio (caliche).
4	1999 - 04 - 12 - MDR	589000	1337000	Informe de riesgo sísmico por fallamiento geológico superficial del terreno del proyecto del Nejapa Country Club, sur de sabana grande.	Las Jaguitas	Mauricio Darce Rivera	(Hs) Suelo reciente, (Ce – ar) alternancia del ceniza y arena gris poca cementada con matriz friable, (TQps) Toba alterada
5	1999 - 05 - 20 - HMM	588680	1344100	Descripción geológica y evaluación del riesgo sísmico por fallamiento superficial de un lote de terreno nominado Las Delicias vecino al reparto unidad de propósito carretera Norte Managua.	Unidad de Propósito	Hugo Moreno Meza	(Hs) suelo reciente (Ht) Toba vitria compacta 0.50, (Hps) paleocauce textura limosa, grava matriz limosa, toba
6	1999 - 07 - 26 - HMM	587150	1344100	Descripción geológica y evaluación del riesgo sísmico por fallamiento superficial de un lote de terreno ubicado en carretera Norte denominado Lote D, Managua.	Barrio Camilo Chamorro	Hugo Moreno Meza	(Hs) Suelo Residual textura limosa (ML) 0.30m. (Htr) Toba vitrofílica 0.40 m (Hfs) suelo fósil 0.85 m
7	1999 - 07 - 31 - HMM	587700	1343700	Descripción geológica y evaluación de riesgo sísmico por fallamiento superficial de los terrenos de la empresa	Barrio Bertha Díaz	Hugo Moreno Meza	(Hs) Suelo residual moderno, (Hrt) Toba El Retiro, (Hsf) suelo fósil o paleocauce de textura limosa, Gravas suelta coluviales: De origen coluvial y composición escoriácea de color amarillento claro (Holoceno), los



				Café Soluble S. A. en carretera norte Managua.			clastos se presenta redondeados, lo cual evidencia el largo transporte en condiciones subacuática (paleocauces). 1.60 – 1.90 y 1.90 – 2.30 Toba Vitrofirica y cristaloblásticas de color gris oscuro y de grano grueso (pleistoceno) con fracturamiento débil y precipitados químicos en los planos de fractura. Grupo Las Sierras.
9	1999 - 12 - 52 - GAT	589505	1335966	Estudio geológico para la detección de fallas y fractura en el terreno en donde se proyecta el residencial "Las Palmeras de VINISA" Veracruz – Nindirí – Masaya, Nicaragua.	Veracruz	Gustavo Altamirano T	
10	2000 - 04 - 22 - MCN	591500	1335200	Estudio geológico para la detección de fallas y fracturas en terreno de urbanización Veracruz 2000, Municipio de Nindirí – Masaya Nicaragua.	Veracruz	Manuel Castro Navarro	Hs suelo Moderno, Mudflow – depósitos gravas y aglomerados andesíticos y escoria basáltica, su tamaño puede medir hasta 4 cm de diámetro, fueron depositados por corriente de agua, se observa en forma laminada, Hrt Toba El Retiro Hba holoceno – suelo andesítico basáltico, Hsj San Judas, QHba ceniza arenas andesítica
11	2000 - 05 - 25 - NRV	588153	1341966	Estudio geológico - geofísico para la zonificación por fallamiento superficial. Almagro, carretera Norte Managua, Nicaragua.	Barrio Jorge Salazar	Noel Rodríguez Villalta	(Hs) Holoceno suelo Moderno textura areno limo, (Hrt – w) meteorizado, (Hrt) Toba El Retiro, Htpc Toba riolítica, textura fina color café parduzco a amarillenta con bombas de hasta 0.75 – 1m de diámetro redondeadas, riolíticas de edad holocenica, posterior a los eventos cineríticos de vulcanismo caleocalcino andesítico basáltico del volcán. Hg Mudflow – Deposito de grava y arena. Hfs1 suelo fósil, Hfs2 Suelo fósil arenoso Htpc tobáceo andesítico basáltico semiconsolidado con textura arenosa,
12	2000 - 07 - 32 - NicaSolum	584200	1344000	Informe geológico y Riesgo sísmico para Sub – estación eléctrica Maestro Gabriel, Portezuelo. Managua.	Estación Sub eléctrica	Nicasolum	(Re) material orgánico, (Hrt – w) Toba El Retiro (Hrt) Toba El Retiro con abundantes pisolitos de diámetro variable, (Hal) Suelo aluvial (Hsj) Formación San Judas poco cementada, Holoceno – pleistoceno (Hpc) + escoria (HPbl) lacustrinas. Lodo Pisolítico (Pmf) tobáceas con pisolitos de diverso diámetro.
13	2000 - 10 - 40 - MDR	588750	1342900	Informe de riesgo sísmico por fallamiento geológico superficial de terreno del proyecto de construcción del Hotel Aeropuerto, Managua.	Hotel Aeropuerto	Mauricio Darce	
14	2001 - 04 - 19 - NRV	584376	1340925	Estudio geológico – geofísico para zonificación por fallamiento superficial. Proyecto Bodega Ferrohierro.	Rubenía	Noel Rodríguez	Holoceno Hs + relleno Suelo reciente, materia orgánica oscuro Hfs - limoso Suelo fósil limoso Pleistoceno Hfs – arenoso Suelo fósil arenoso, Hfs limoso Suelo fósil limoso Hfs + arena + Ce Suelo fósil arenoso + ceniza gris, Toba aglomerada compacta gris



15	2001 - 09 - 35 - HMM	597800	1336300	Investigación estratigráfica y de peligro sísmico en el lote destinado a la construcción del centro penitenciario de Mujeres en Guanacastillo, Altos de Masaya.	Altos de Masaya (Guanacastillo)	Hugo Moreno Meza	
16	2001 - 10 - 37 - GAT	592274	1343420	Estudio geológico para la detección de fallas y fracturas en el terreno donde proyecta la construcción de la zona franca San Cristóbal. En el costado sur del Km 13.5 de carretera Norte Managua Nicaragua	Carretera Norte, Finca San Cristobal	Gustavo Altamirano T	
17	2002 - 11 - 45 - MDR	586400	1344550	Informe de riesgo sísmico por fallamiento geológico superficial del terreno del proyecto de la urbanización Santa María, Managua Nicaragua.	Camilo Chamorro	Mauricio Darce Rivera	Q (Hag) Mudflow deposito de grava y arena con fragmentos basálticos, (Hfs1) Suelo fósil arenoso H (cb) Holoceno – cenizas y lapilli basáltico, (Hsf2) suelo fósil estrato que se formo por corrientes de lodo proveniente de la parte más alta (Sabana Grande – volcán Masaya). Hsf3 Holoceno – suelo arcilloso capa de arcilla de color negro con alta plasticidad,
18	2004 - 02 - 11 -HMM	587424	1336442	Verificar	Esquipulas Managua		(Hs) suelo reciente (Qal) Cuaternario aluvial (HpTi) Ceniza de Tiscapa (Htr – w) Toba El Retiro meteorizada (TQps) Toba gris carbonato de calcio 80 – 100 cm (TQps) Toba gris compacta poco
19	2004 - 03 - 25 – HMM	586611	1339125	Verificar	Villa Libertad	Hugo Moreno Meza	
21	2004 - 03 - 19 - MDR	592560	1342673	Proyecto Edificio central de aeronáutica civil	Aeronáutica Civil Carretera norte	Mauricio Darce	
22	2004 - 04 - 35 -HMM	588154	1343593	Verificar	Laures Sur	Hugo Moreno Meza	Re relleno, Hsf Suelo fósil , Hba3 toba aglomerádica con carbonato, Hba2 Toba gravosa gris no compacta , Hba 1 Ceniza grava textura laminar, toba la sierra compacta textura limo arenosa
23	2004 - 04 - 29 - GAT	587484	1340313	Estudio geológico de riesgo en la superficie del terreno de Alberto Chamorro, pista a Sabana Grande Managua, Nicaragua	Sabana Grande	Gustavo Altamirano T	
24	2004 - 05 - 45 -OR	587496	1341725	Verificar	Villa Reconciliación	Oscar Rodríguez	(Hs)Suelo reciente textura limo – arcillosa, (Hrt –w) Toba El Retiro meteorizada (Htpc) Toba Ticuantepe (Hg) Gravas andesíticas (Hsj) Triple San Judas (Hsf -1) Suelo fósil textura limosa con fragmento pómez posiblemente de la erupción del volcán apoyeque, (PHsf 1) Suelo fósil semi compacto con lente de grava, ceniza y lapilli.
25	2004 - 07 - 68 - MDR	589806	1338405	Proyecto: Fábrica de adoquines Sabana Grande, Managua	Sabana Grande	Mauricio Darce Rivera	



26	2004 - 08 - 73 - MDR	591541	1338593	Proyecto Urbanización Sabana Grande	Sabana Grande	Mauricio Darce Rivera	
27	2004 - 09 - 80 - OR	577915	1341626	Estudio geológico por fallamiento superficial, en el área de construcción del reino de Los Testigo de Jehová ubicado en la intersección de la pista de Mayoreo y la Pista a Sabana Grande 50 metro al este, en la ciudad de Managua.	Sabana Grande	Oscar Rodríguez	(Hs) suelo reciente (Hfs) suelo fósil, Gravilla, (Hfs) Suelo fósil arenoso gris, (Hfs) suelo fósil areno gravoso
28	2004 - 09 - 83 - WMB	586863	1341379			William Martínez	(Hs) suelo reciente, (Hfs) Suelo fósil, paleocauce, (Hfs) suelo reciente, (Hsj) Formación San Juda, (Htpc) Toba Ticuantepe, (Hfs) Suelo fósil
29	2004 - 10 - 90 - NRV	584892	1340908		Sabana Grande	Noel Rodríguez Villalta	(Hs) Suelo reciente, (Hrt-w) Toba El Retiro meteorizada (Hrt) Toba El Retiro (Hsf) Suelo fósil (Hsj - w) San Judas meteorizada (Hsj) San Judas, (Hts) Toba arenosa, (Hsa) Arena + ceniza basáltica (HPsf) Suelo fósil limoso 2% fragmento de pómez (suelo arcilloso eluvial - fluvial)
39	2004 - 10 - 93 - NRV	598707	1344837		Carretera Masaya - Tipitapa		
31	2004 - 10 - 96 - NRV	588404	1333424	Proyecto Planes de Veracruz	Veracruz	Noel Rodríguez Villalta	
32	2004 - 11 - 98 - HMM	589858	1340627	Investigación de Peligro por Fallamiento Geológico Superficial Proy. Línea Blanca - Sabana Grande.	Sabana Grande	Hugo Moreno Meza	
33	2005 - 01 - 02 - MDR	584765	1344060	Estudio geológico por fallamiento superficial del terreno del proyecto de construcción de los edificio de las Bodegas - Naves Numero 65 y 66 del parque industrial Portezuelo, Managua.	De la Famisa 3 cuadra al Norte	Mauricio Darce Rivera	Hs Suelo reciente Hsf- al suelo fósil textura limosa Hsf- 1 suelo fosil textura Hsf-2 Hsf- 3 Qv Toba
34	2004 - 01 - 10 - HMM	587027	1338917	Informe de estudio geológico para la evaluación de peligro por fallamiento. Proyecto IJSUD, Los Laureles.	Laures Sur	Hugo Moreno Meza	(Hs)Suelo reciente (Hrt) Formación El Retiro (Hfs) Suelo fósil textura arenosa con fragmento de líticos sub- angulares de hasta (Hfs) Suelo fósil arcilloso (Qal) paleocauce depósito aluvial (Htcp) Toba Ticuantepe.
35	2005 - 01 - HMM			Proyecto Astro Cartón	Sabana Grande		Hs suelo reciente 0.30 Hrt Toba Retiro 0.60 Htpc -c Toba Ticuantepe, Htpc - a Toba arenosa Hsf Suelo fosil arenoso Hsj Formacion San Judas Hsf Suelo fósil limoso
36	2005 - 02 - 20 - HMM	598709	1344518		Yuri Ordoñez Carretera Masaya - Tipitapa	Hugo Moreno Meza	Hs suelo moderno, Hrt Toba El Retiro , HPsf suelo fósil de color café oscuro a negro textura arcillosa, TQps toba ignimbritica



37	2005 - 03 - 31 - WMB	588237	1345363	Proyecto Costado Oeste de la planta agua residuales de la ciudad de Managua	Jose B. Escobar	William Martínez	
38	2005 - 06 - 65 - MDR	586246	1340949	Estudio geológico por fallamiento superficial del terreno del proyecto construcción de supermercado La Colonia, Villa Libertad., Managua.	Villa Libertad	Mauricio Darce Rivera	
39	2005 - 08 - 82 - HMM	586775	1337360		Las Jaguitas	Hugo Moreno Meza	(Hs) suelo moderno, (Hrt-w) Toba El Retiro meteorizada (Hsj-w) San Judas meteorizado, (Hsf) Suelo fósil textura arcilloso (Hsf) suelo fósil gravoso (Hsf) suelo fósil limoso con clastos de pómez, (Htpc) Toba Ticuantepe
40	2005 - 09 - 100 - ELG	586690	1339250	Estudio geológico por fallamiento superficial Proyecto Mirador La Sabana.	Sabana Grande	Ernesto Luna	
41	2005 - 09 - 88 - MDR	591796	1343100	Mediciones geoeléctricas para ubicación de zonas de fallas o fracturas para zonificación sísmica y análisis de respuesta de sitio Proyecto: TORRE 2 ENITEL Sabana Grande, Managua, Nicaragua	Sabana Grande	Mauricio Darce	(Hs) suelo reciente (Hrt - w) Toba El Retiro meteorizada (Hrt) Toba El Retiro textura arenosa (Hal) deposito aluvial (Hsj) Formación San Judas (Hsf) Suelo fósil textura arcillo - limoso (HPsf) Suelo fósil textura limosa (Pbl) Black Lapilli o Escoria Las Colinas (Psf) Suelo fósil textura limosa de color crema con clara evidencias de origen pomáceo, (Pf) Esta unidad se trata estrato de escoria de origen basáltico.
42	2005 - 09 - 89 - WMB	585193	1335411		Esquipulas Managua	William Martínez	TQps Grupo La Sierra
43	2005 - 09 - 98 - HMM	587965	1341383	Proyecto Planes del Doral	Cerca de Mercado Mayoreo	Hugo Moreno Meza	
44	2005 - 10 - 101 - HMM	588794	1340740	Investigación de peligro sísmico por fallamiento superficial de un lote de terreno destinado a la construcción del proyecto Cortijo La Sabana, Managua.	Sabana Grande	Hugo Moreno Meza	(Hs) suelo reciente, (Hrt)Toba El Retiro, (Htpc) Toba Ticuantepe, (Hal)Aluvial, (Hsf) Suelo fósil limo arenosa, (Hsj)San Judas, (Psf) suelo fósil
45	2006 - 02 - NRV	585667	1335096	Estudio geológico por fallamiento superficial Proyecto: La Ermita de Esquipula en el km 13 carretera a Masaya, primera entrada a Esquipulas, llegando a la iglesia 300 mts al Este	Esquipulas Managua	Noel Rodríguez	(Hs) Suelo reciente textura limosa - arenoso (Hrt) Toba El Retiro (Htcp) Toba Ticuantepe (Hfs) Suelo fósil textura limo - arenoso producto de la meteorización de la formación San Judas (Hsj) Formación San Judas. Toba ceniza de color negro, Aluvial Hal coincide con raspante erosionadas en, (Pbl) Black Lapilli (Psf) Suelo Fósil de color pardo oscuro textura arenosa



46	2006 - 04 - 32 - NRV	588580	1330828	Estudio geológicos por fallamiento superficial Proyecto: CEDI "Centro de distribución OCAL S. A" contiguo a los Pollos Tip – Top. Km. 17.5 carretera a Masaya.	Km 17 Carretera a Masaya (planta TIP - TOP)	Noel Rodríguez	(Hs)Suelo reciente, (Heu) ultima escoria (Htc –ce) Toba ceniza (Htpc) Toba Ticuantepe
47	2006 - 04 - 34 - GSV	589822	1343068	Estudio geológico proyecto: Diseño arquitectónico y estructural del centro comercial Galerías Las Mercedes, Managua.	Costa Oeste Hotel Las Mercedes Km 11 Ca.No	Gerardo Silva V.	Hs Suelo residual, Pf Formación Fontana, (2) Suelo residual fósil pleistocénico, (TQps- t (Psf -1), (TQps ta), (TQps- mf) Flujo de lodo
48	2006 - 05 - 40 - MDR	585000	1331800	Estudio geológico por fallamiento superficial del terreno del proyecto Urbanización Buenos Aire	Las Cuatro esquina Ticuantepe	Mauricio Darce	(Re) relleno artificial (Hs) Suelo residual (Pf) Formación Fontana, (Psf -2) Suelo residual fósil pleistocénico, textura areno – limosa, (Psf -1) Suelo fósil pleistocénico, textura areno limosa, (TQps ta) Toba arenosa del grupo Las Sierra, (TQps mf) flujo de lodo endurecido de textura arenosa.
49	2006 - 06 - 55 - MVO	590700	1338100	Estudio geológico por fallamiento superficial proyecto Planta Concretera, CEMEX Sabana Grande Sur, Managua.	Sabana Grande	Marvin Valle Orozco	(Hs) suelo reciente (Hsf) Suelo fósil textura arcillosa (Hsf1) suelo fósil gravoso con clastos de tobas matriz arenosa (Htpc) Toba Ticuantepe de grano fino, gris bien compacta de textura aglomeradica
50	2006 - 07 - 66 - GVS	587774	1336089	Estudio geológico proyecto Edificación de industria Innovadora S. A., Valle de Esquipulas	Esquipulas Managua	Gerardo Silva V.	(Hs) Suelo moderno (Hsf) Suelo fósil Hal deposito aluvial Toba El Retiro textura fina, Suelo Fósil textura fina Toba Ticuantepe
51	2006-07- 67-GSV	586334	1336390	Estudio de peligro sísmico por fallamiento geológico superficial proyecto "nuevo colegio latinoamericano"	Esquipulas Managua	Gerardo Silva V.	Hs Suelo residual moderno Hal aluvial textura areno – limoso, de color gris oscuro de edad Holocénica 2.0m. Htpc (op): Estrato piroclásticos (flujo u oleada) escoria de tamaño de Lapilli, de color negro, con estratificación horizontal y ondulaciones producto de la deposición. Htpc: toba de ceniza de color gris oscuro, compacta
52	2006 - 07 - 69 - ORG	586810	1340470	Diagnostico de riesgo sísmico superficial " Antena de telefonía celular Sabana Grande."	Sabana Grande	Oscar Rodríguez	
53	2007 - 03 - 25 - GSV	592500	1341000	Estudio de peligro sísmico por fallamiento superficial. Proyecto: Carretera Norte DEPSA.	Tempique - Sabana Grande	Gerardo Silva V.	(Hrs)Suelo residual reciente (HPs)Aluvial textura limo - arenosa (Ce f)Toba ceniza (TQps) Toba soldada (TQps-a)Toba arena (TQps- c) Toba cenizas (TQps – c) Toba ceniza con alto grado de compactación.



54	2007 - 05 - 40 - MDR	588271	1342948	Estudio por fallamiento geológico superficial del terreno del proyecto gasolinera Petronic, Las Mercedes, Managua Nicaragua.	Carretera Norte	Mauricio Darce	TQps – af Grupo Las Sierras TQps – ce Grupo Las Sierras toba de cenizas TQps Grupo Las Sierra Toba de arena Ce f Toba cenizas HPs Aluvial (Hs) Suelo residual moderno
55	2007 - 08 - 58 - MDR	588970	1340374	Estudio geológico por fallamiento superficial del proyecto Torre América móvil, ENITEL Sabana Grande, Managua Nicaragua.	Sabana Grande	Mauricio Darce	Hsl- la suelo reciente (Hrt-w)Toba meteorizado El Retiro (Pmf) flujo de lodo (Hal) aluvial (Pls) Toba La Sierra
56	2007 - 08 - 59 - MDR	590670	1339722		Sabana Grande	Mauricio Darce Rivera	Hs suelo reciente, Hrt Toba El Retiro Hsj San Judas Hsf suelo fósil Hal Aluvial Plwt Grupo La Sierra
57	2007 - 09 - 64 - AMG	587730	1338363	Estudio geológico por fallamiento superficial Proyecto Torre Telefónica ENITEL - Los Cortez Barrio Laureles Sur, Municipio de Managua.	Laures Sur	Angélica Muñoz	
58	2007 - 10 - 75 - MDR	584567	1331577	Estudio por fallamiento geológico superficial del proyecto urbanización Villa San Martín, Managua Nicaragua.	Leonel Reynosa	Mauricio Darce	Hs suelo reciente Hsf suelo fósil Hrt - w toba El Retiro Htpc Toba Ticuantepe
59	2007 - 10 - NRV	590237	1336118	Estudio geológico para zonificación por fallamiento superficial Proyecto urbanización Bosque de Veracruz	Veracruz	Noel Rodríguez	Hs suelo reciente Hsf suelo fósil Hal Aluvial Htpc Toba Ticuantepe
60	2008 - 05 - 034 - WMB	584767	1335266	Estudio geológico peligro sísmico por fallamiento superficial Proyecto Comercial Don Heinz Boehmer comarca Esquipulas, Managua.	Esquipulas Managua	William Martínez	Hr Relleno, Hs Suelo reciente, Hal aluvial Hrt - w Toba El Retiro meteorizada Hrt Toba El Retiro Hrts Htpc Toba Ticuantepe
61	2008 - 08 - 060 - NRV	586204	1340752	Estudio de peligro sísmico por fallamiento superficial. Proyecto: Centro de acopio EL SABANA GRANDE.	Sabana Grande	Noel Rodríguez	Hs suelo moderno Hsj - w San Judas meteorizada Pet - w Toba Esquipula Pet - s suelo arcilloso Pet Toba Esquipula
62	2008 - 12 - 074 - GSV	598085	1330467	Estudio de peligro sísmico por fallamiento superficial Proyecto: Condominio Ciudad Hacienda Los Altos	Los Alto Masaya	Gerardo Silva V.	Hs suelo reciente Hrt Toba Retiro Hrt - w - Hsf1 al meteorizarse desarrolla un suelo marron oscuro Hsj San Judas Hfs2 Hfs3 suelo fosil Plwt + ce Lodo volcanico y ceniza gris compacta

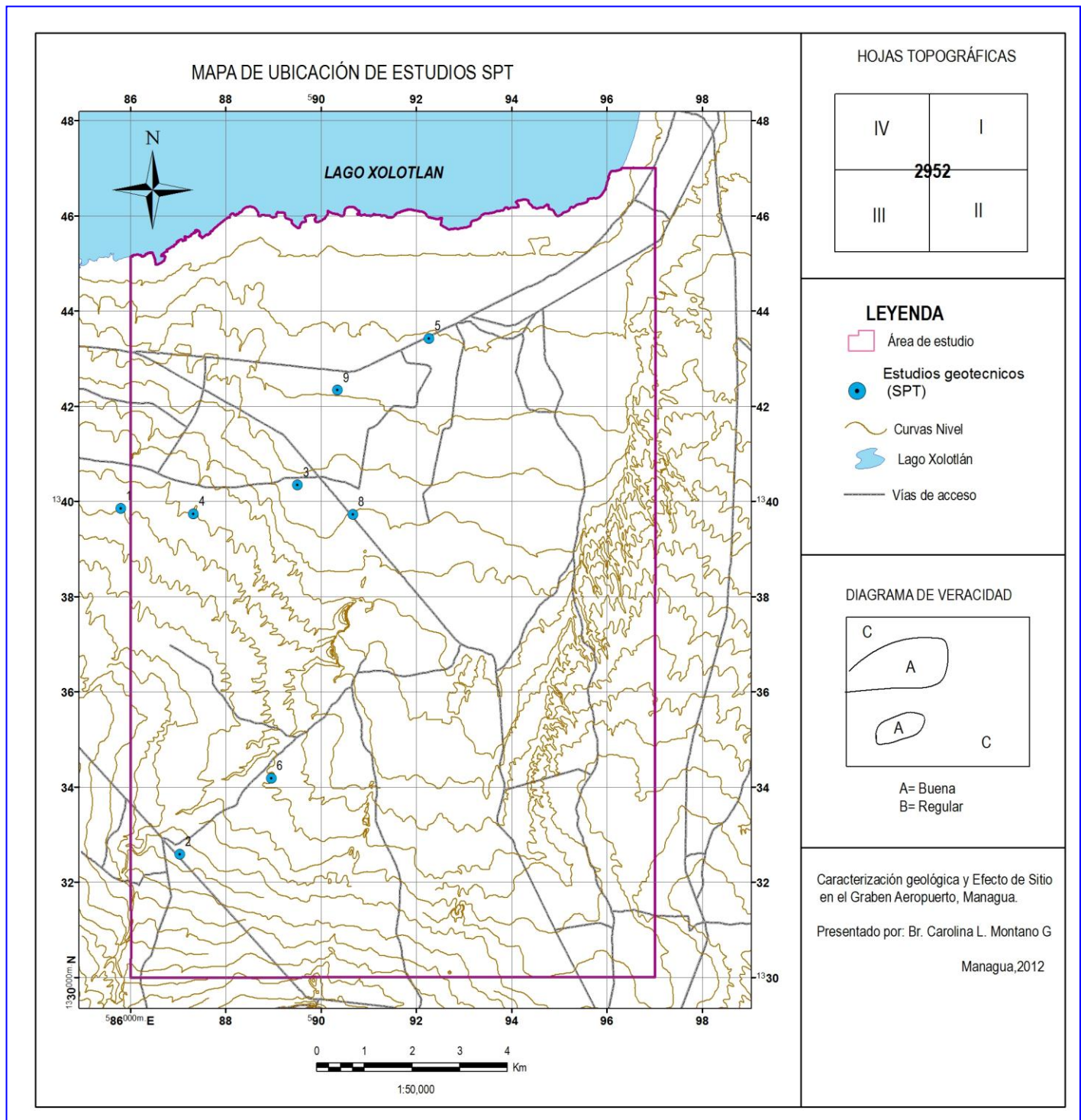


63	2009 - 03 - 012 - NRV	585134	1334934	Estudio geológico por fallamiento superficial. Proyecto Pali Esquipulas km. 11.5 Carretera a Masaya 228 mts al este Managua Nicaragua	Esquipulas Managua	Noel Rodríguez	Hs Suelo residual moderno Hal depósito de sedimentario aluviales Hrt Formación El Retiro Htcp ag Toba arenosa de grano grueso eventualmente de observa delgadas capas de arena finas o ceniza Htpc af toba ceniza
64	2009 - 05 - NRV	586773	1336810	Estudio de riesgo sísmico para zonificación por fallamiento superficial del terreno de proyecto Urbanización Bruselas Las Jagüitas camino a Las Cuatro Esquina 20 metro al Noroeste Managua, Nicaragua	Las Jaguitas	Noel Rodríguez Villalta	Hs Suelo Reciente Htcp- w Toba ceniza Htpc
65	2009 - 05 - 53 - ELG	597760	1336478	Estudio geológico - geofísico del terreno del sistema penitenciario de Mujeres Guanacastillo, Masaya	Los Alto Masaya	Ernesto Luna	Hs Suelo Moderno Hsf suelo fósil Heu Última escoria Hsf suelo Fósil Hcp Toba Retiro fase Ticuantepe Hal suelo aluvial Hce ceniza gris pisolitos
67	2009 - 07 - ODPS	585487	1335677	Estudio geológico por fallamiento superficial construcción de sitio de telefónica celular Esquipulas carretera a Masaya 410311	Esquipulas Managua	Oscar Danilo Pérez S.	Hs suelo reciente, Hsf3 Suelo fósil, Ht4 Toba superior en su matriz de observa poco pisolitos Ht3 capitas de toba compacta Ht2 toba intercala con capita de ceniza volcánica y paleosuelo Ht + a unidad de toba intercalación capa de arena Hfs 1 Suelo Fósil
68	2009 - 11 - ODPS	586505	1340547	Estudio geológico por fallamiento superficial del terreno. Construcción de sitio de telefónica celular entrada a Sabana Grande	Sabana Grande	Oscar Danilo Perez S.	Hs Suelo Reciente Heu Última escoria Htpc - w Toba Ticuantepe meteorizada Htpc Toba Ticuantepe meteorizada
69	2010 - 11 - 45 - GAG	589817	1343692	Estudio geológico - geofísico para la zonificación geológica. Proyecto Construcción del Nuevo Edificio administrativo comedor, venta local y SMR	Unidad de Propósito	Gustavo A González	Hr Relleno, Hs Suelo reciente, Hrt - w Toba El Retiro meteorizada Hrt Toba El Retiro Hsj Formación San Judas, Hpfs Suelo fósil holceno pleistoceno Ht toba ceniza con abundantes pisolitos Pbl black lapilli



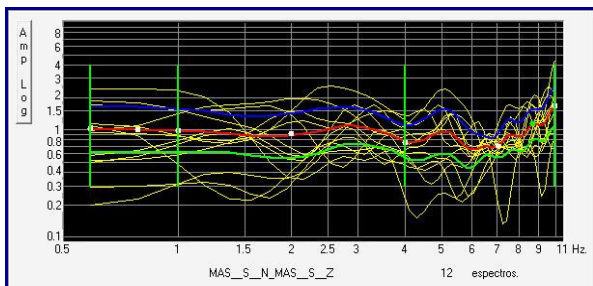
Anexo8.

Figura 28 Mapa de ubicación de los Sondeos de penetración estándar (SPT)

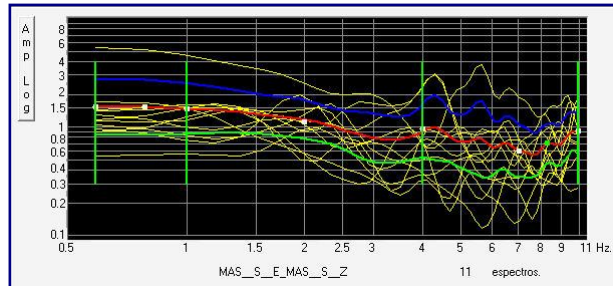




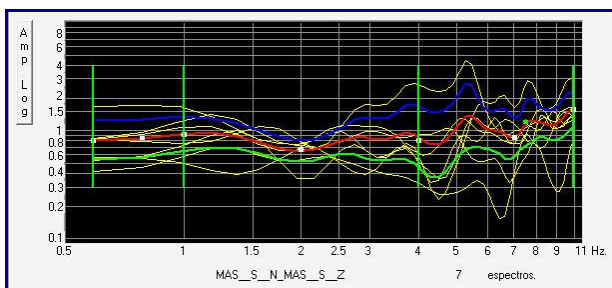
Anexo 9. Figuras de los espectros



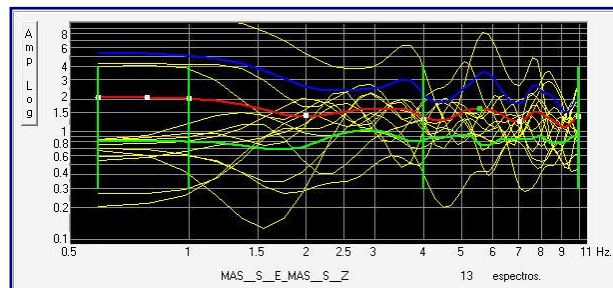
N1 Componente NS



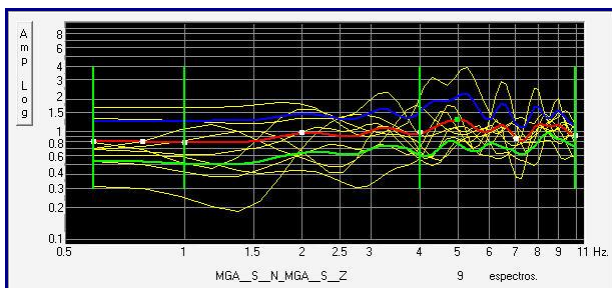
N2 componente EW



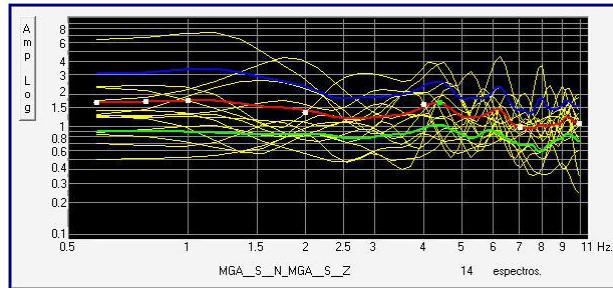
N3 Componente NS



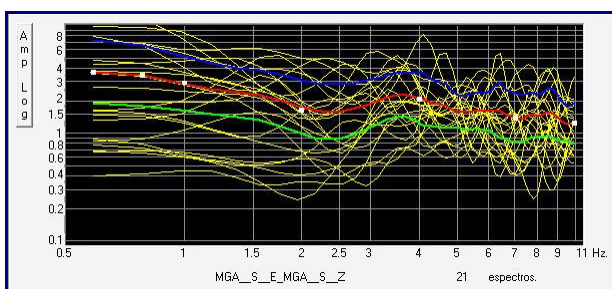
N5 componente EW



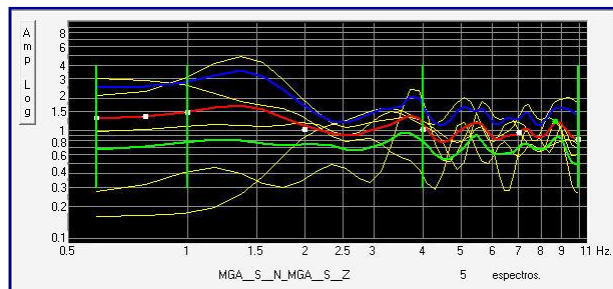
N7 componente NS



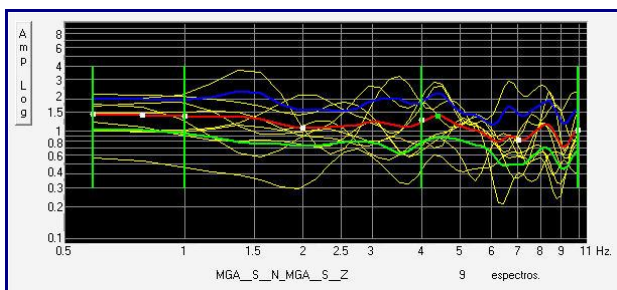
N8



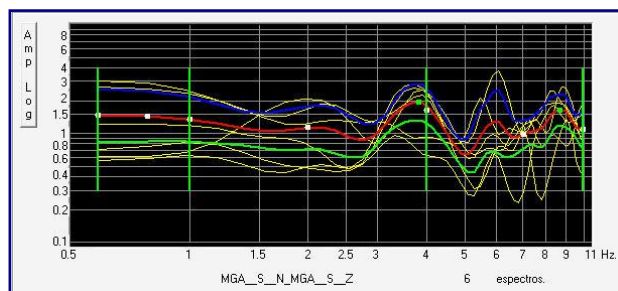
N10 componente NS



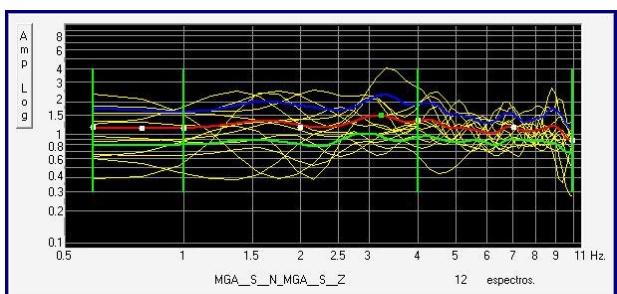
N11 componente NS



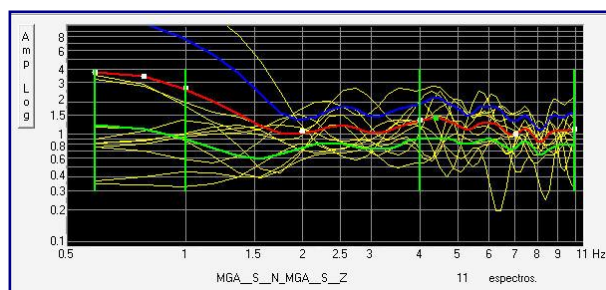
N12 componente NS



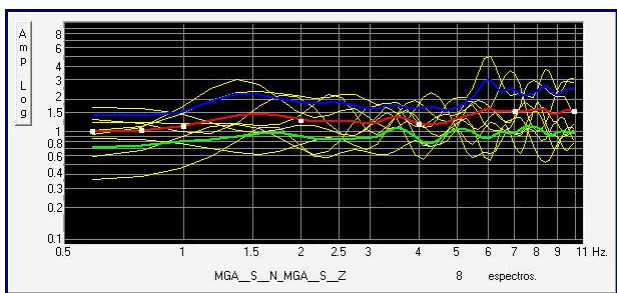
N13 componente EW



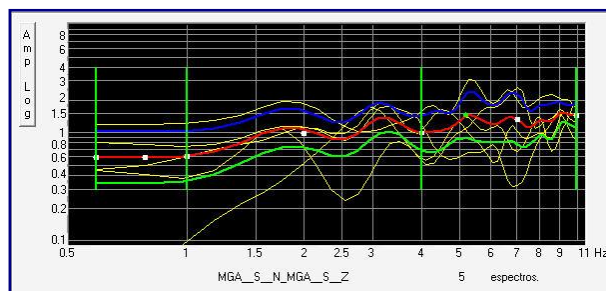
N14 componente NS



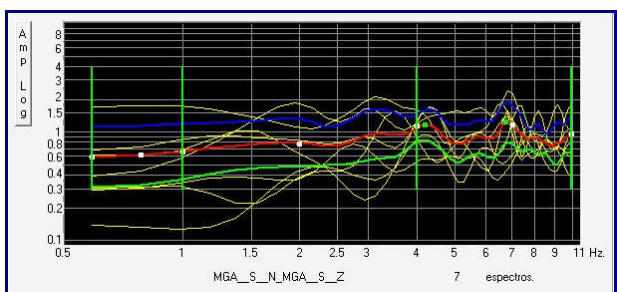
N15 componente NS



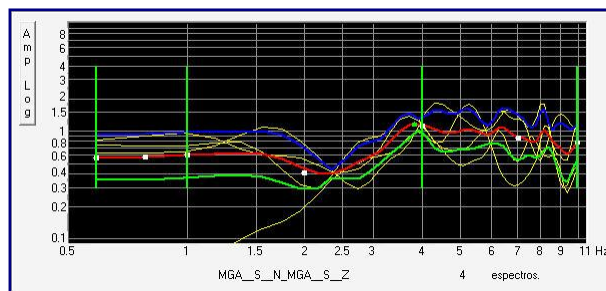
N16 componente NS



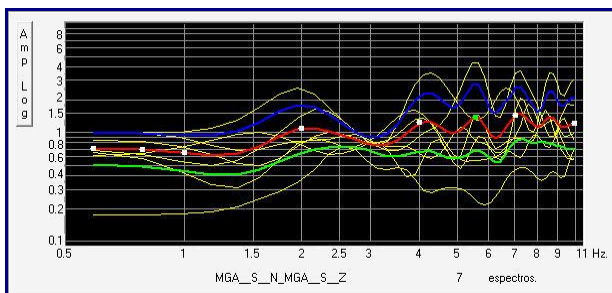
N17 componente NS



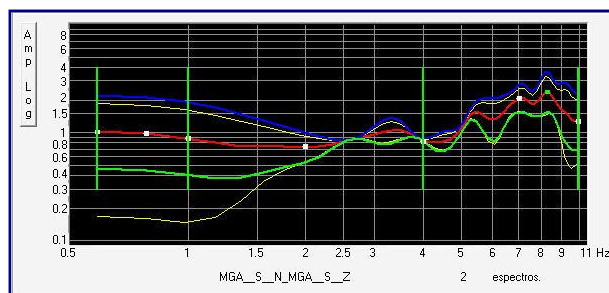
N18 componente NS



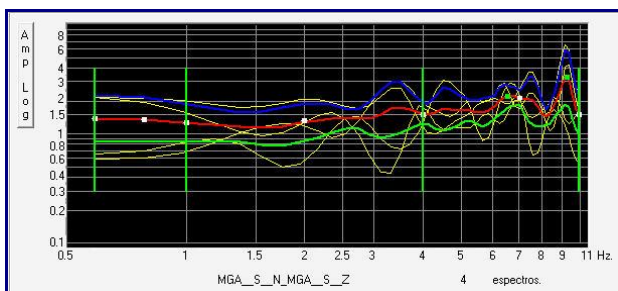
N19 componente NS



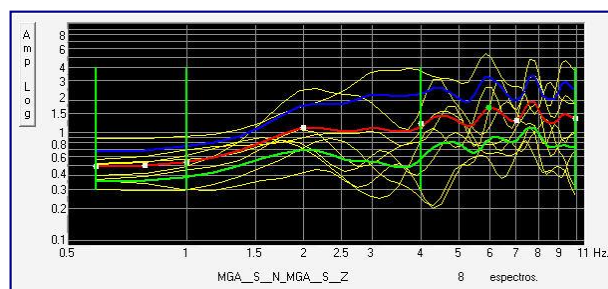
N20 componente NS



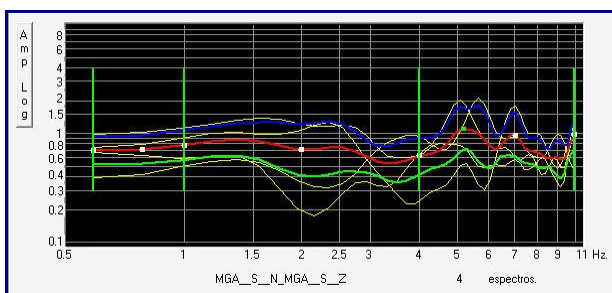
N21 componente NS



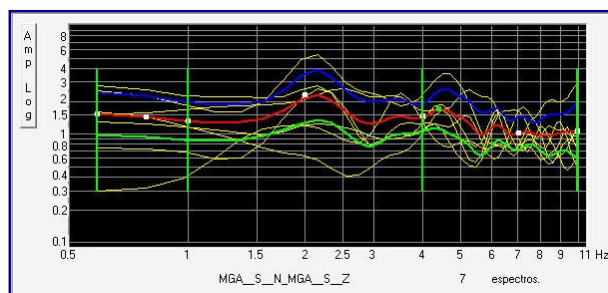
N22 componente NS



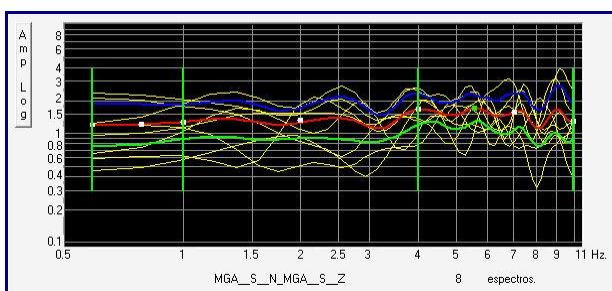
N23 componente NS



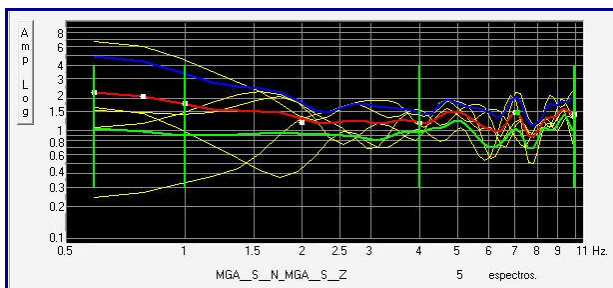
N24 componente NS



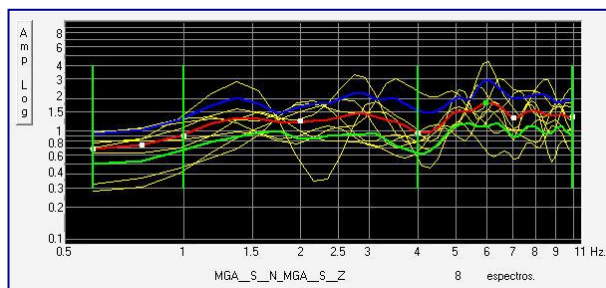
N25 componente NS



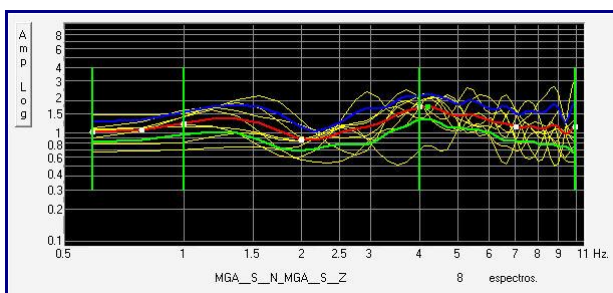
N27 componente NS



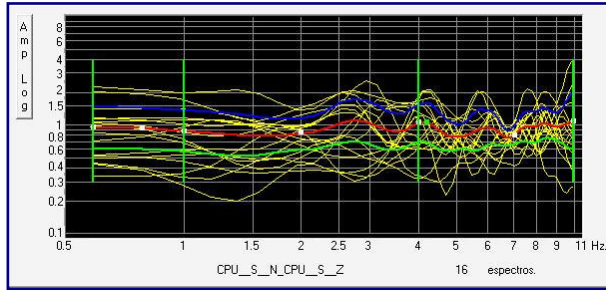
N28 componente NS



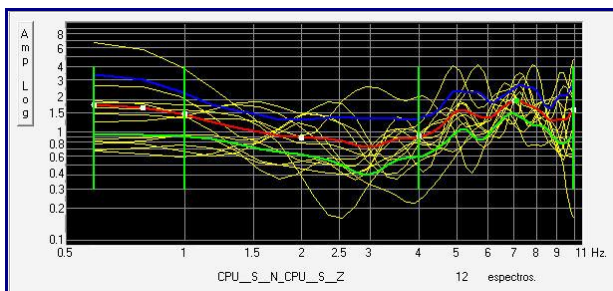
N29 componente NS



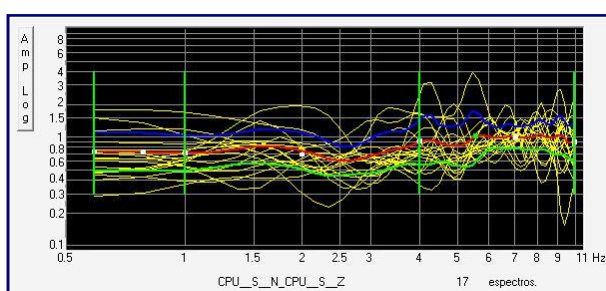
N30 componente NS



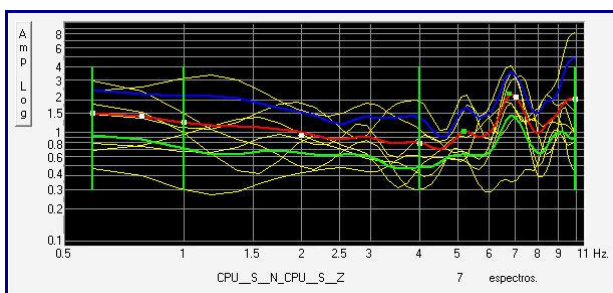
N31 componente EW



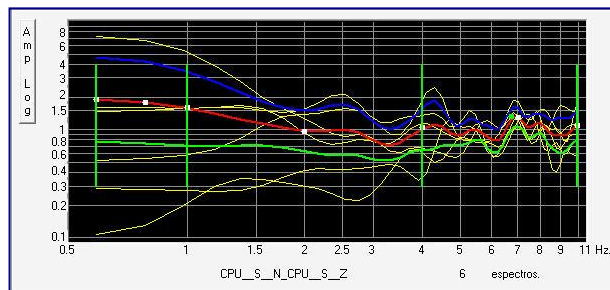
N32 componente NS



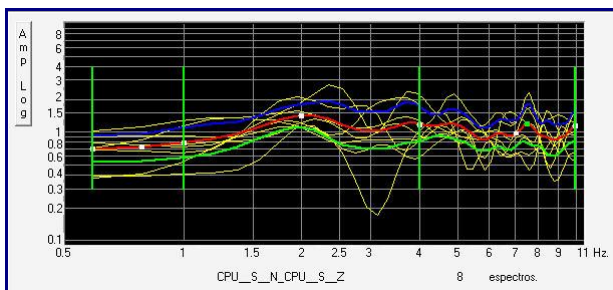
N33 componente NS



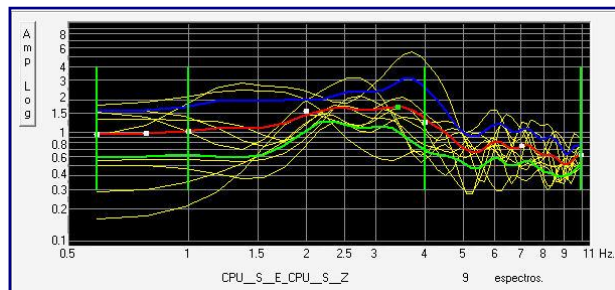
N34 componente NS



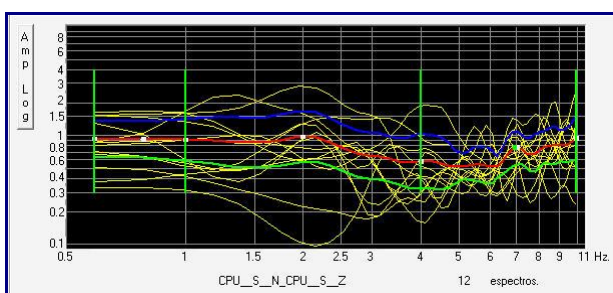
N35 componente NS



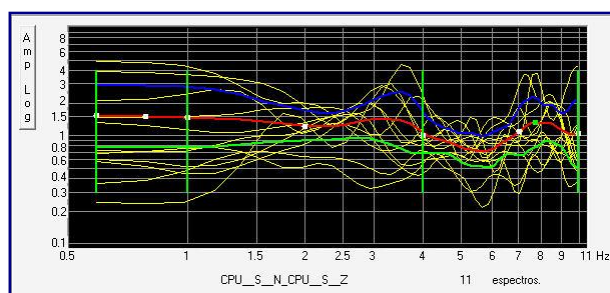
N36 componente NS



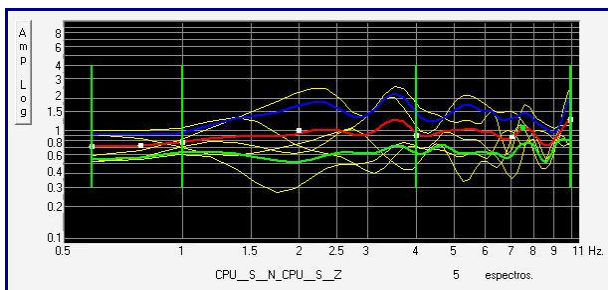
N37 componente EW



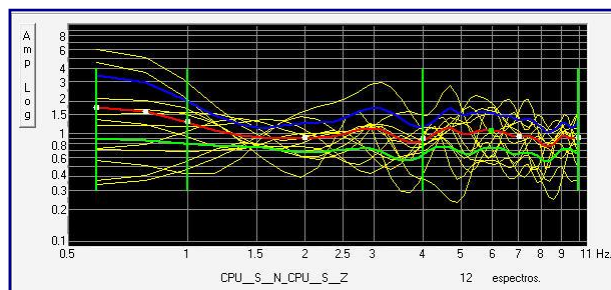
N38 componente EW



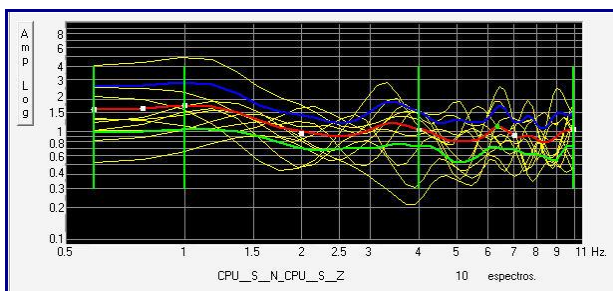
N39 componente NS



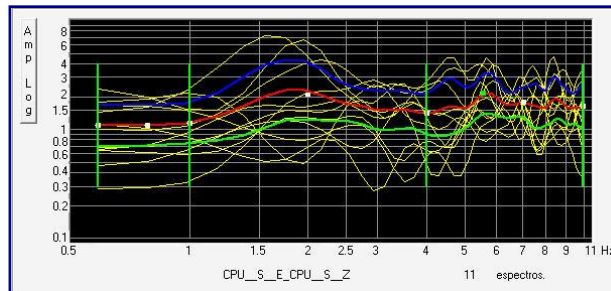
N40 componente NS



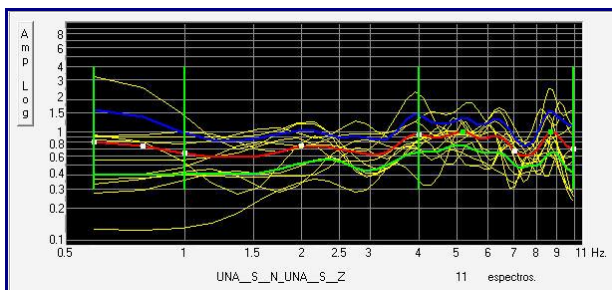
N41 componente NS



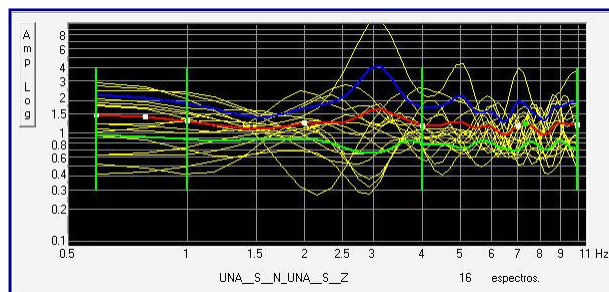
N42 componente NS



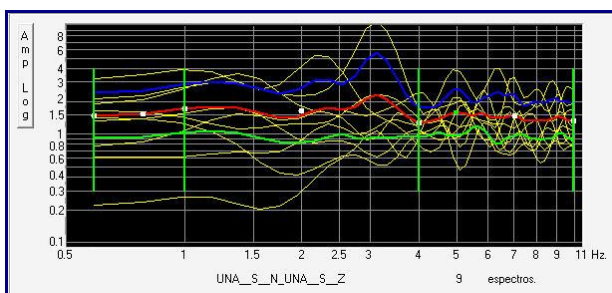
N43 componente EW



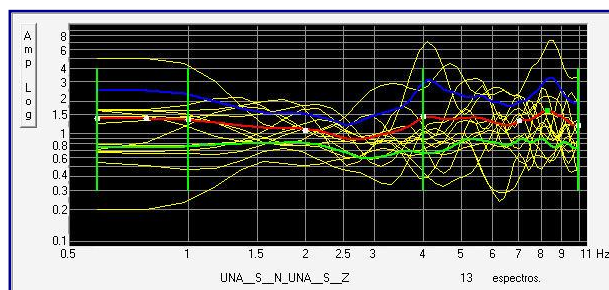
N45 componente NS



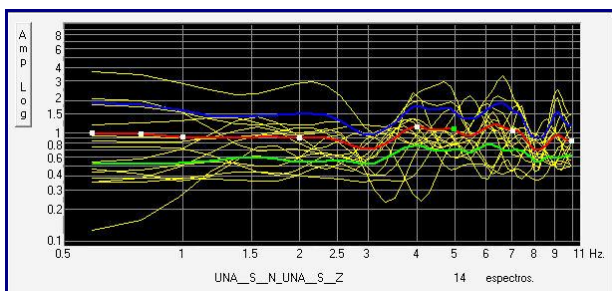
N46 componente NS



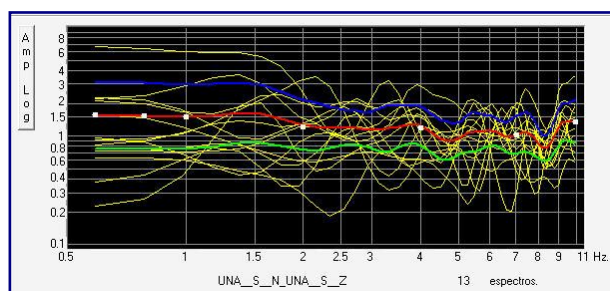
N47 componente NS



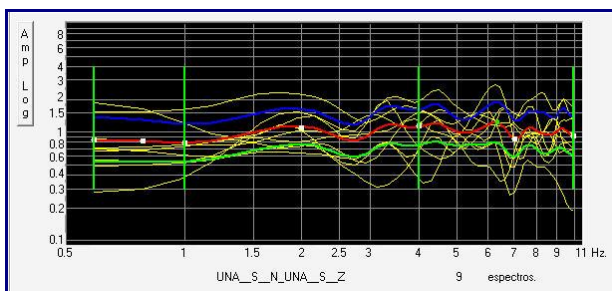
N48 componente NS



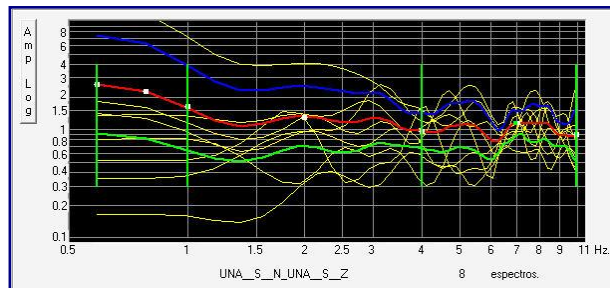
N49 componente NS



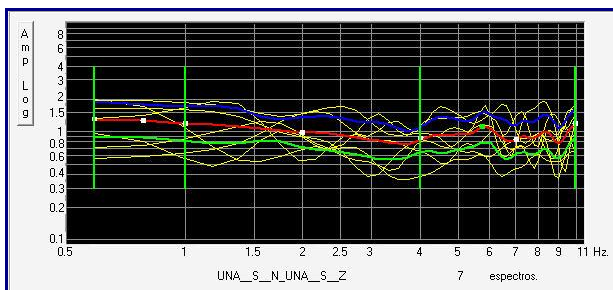
N50 componente NS



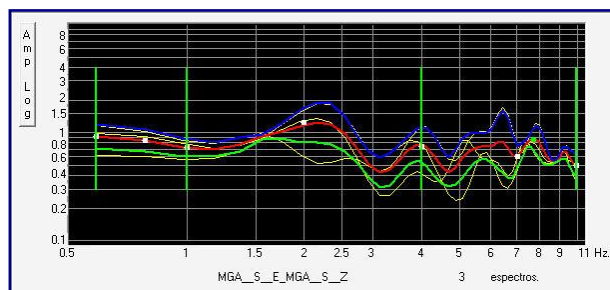
N51 componente EW



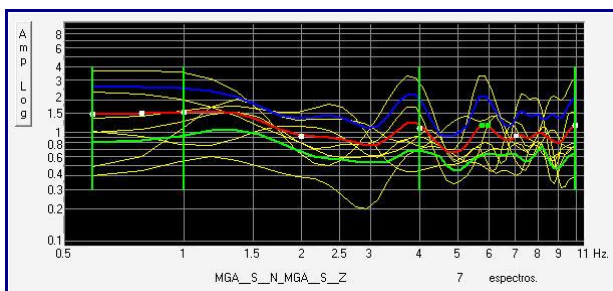
N52 componente NS



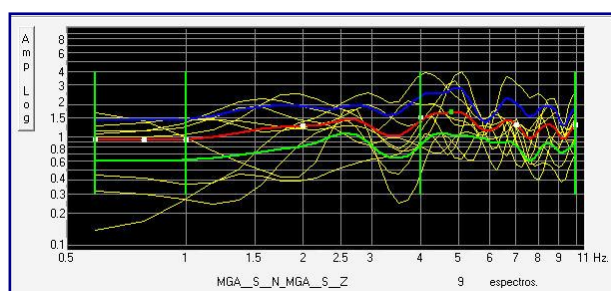
N54 componente EW



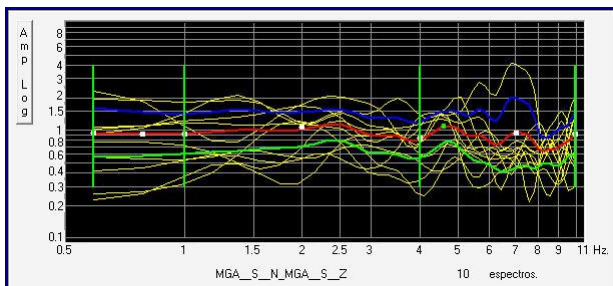
N55 componente EW



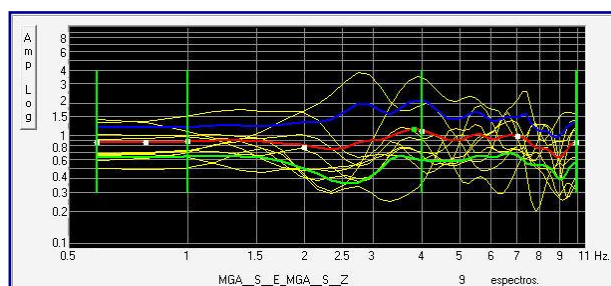
N56 componente EW



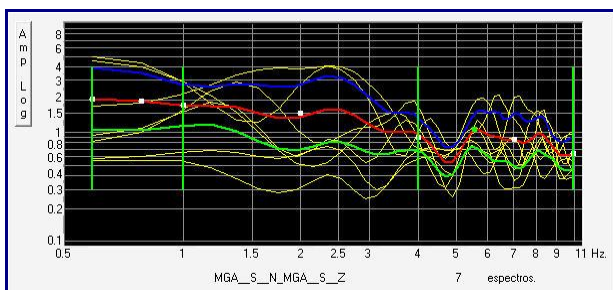
N57 componente NS



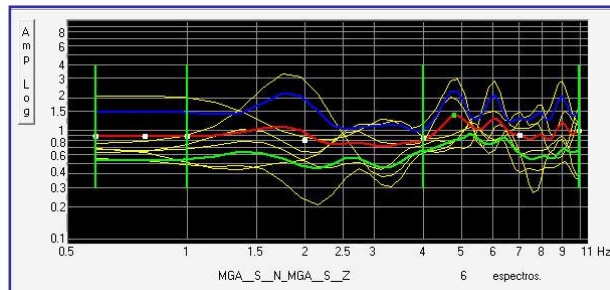
N59 componente NS



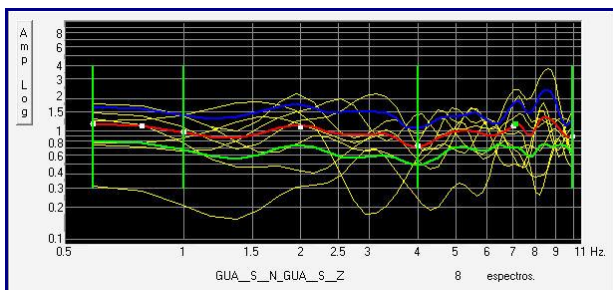
N60 componente EW



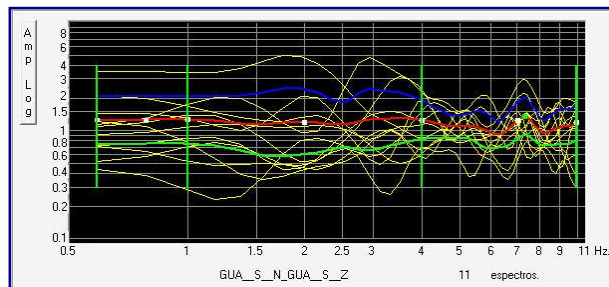
N61 componente NS



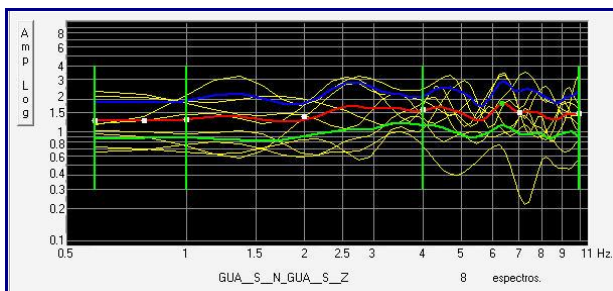
N62 componente NS



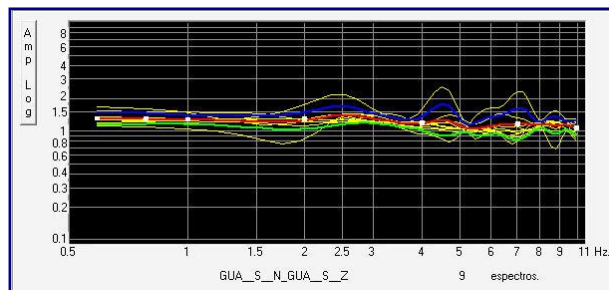
N63 componente NS



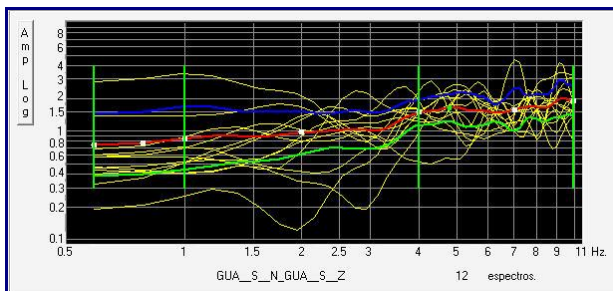
N64 componente NS



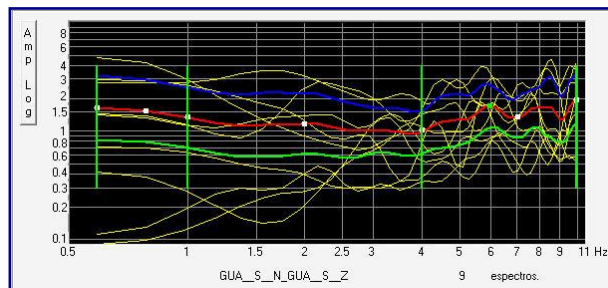
N67 componente NS



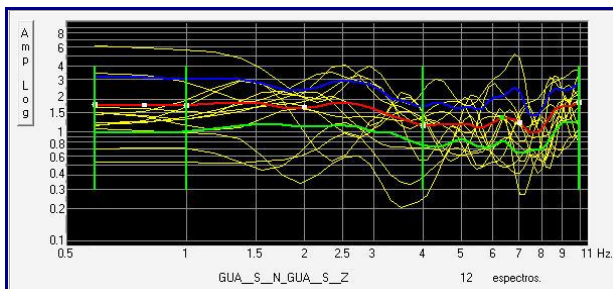
N68 componente



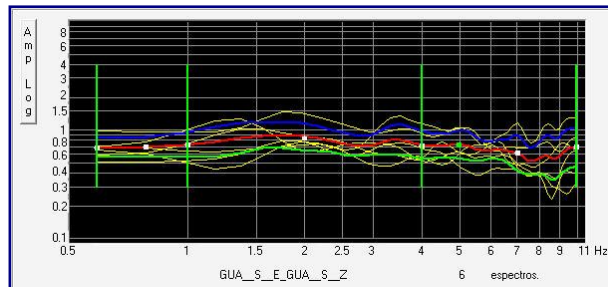
N69 componente EW



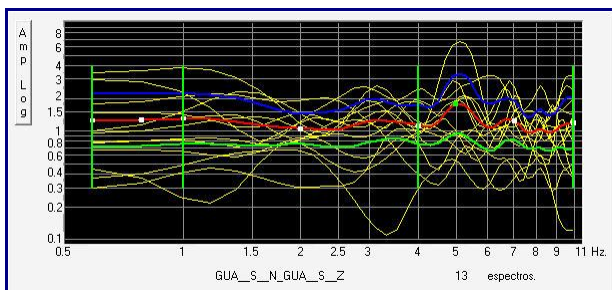
N70 componente



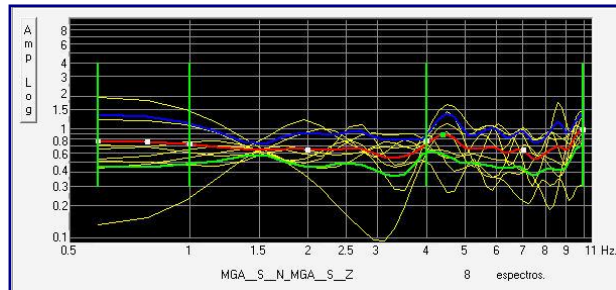
N72 componente NS



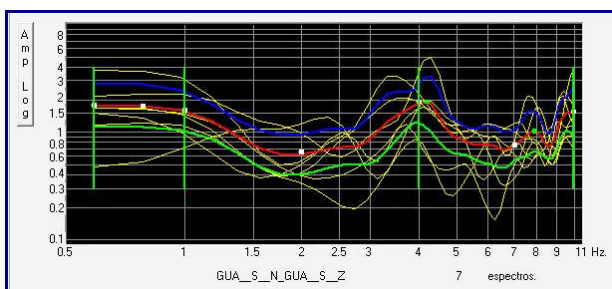
N74 componente EW



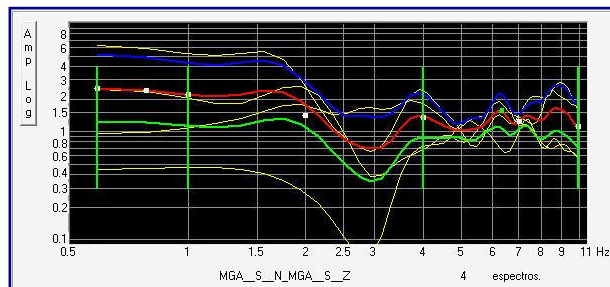
N73 componente NS



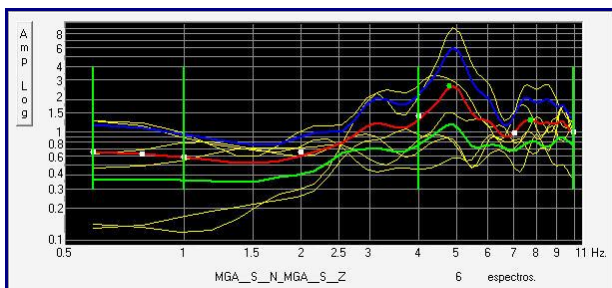
N76 componente NS



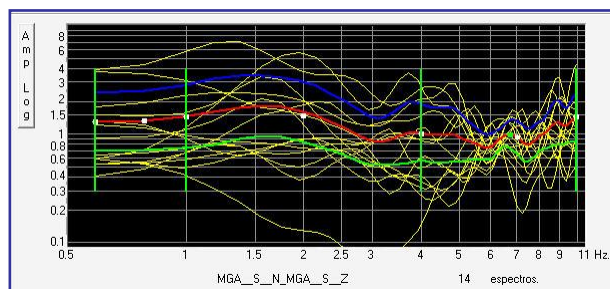
N75 componente NS



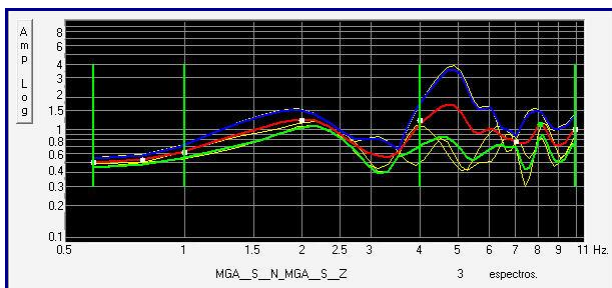
N78 componente NS



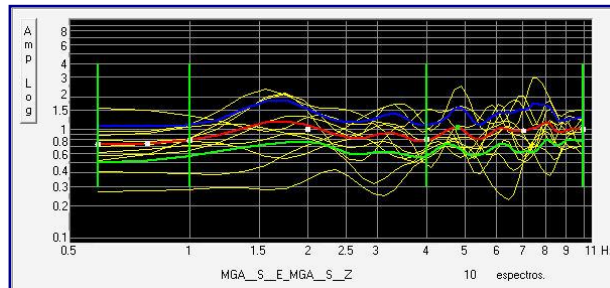
N77 componente NS



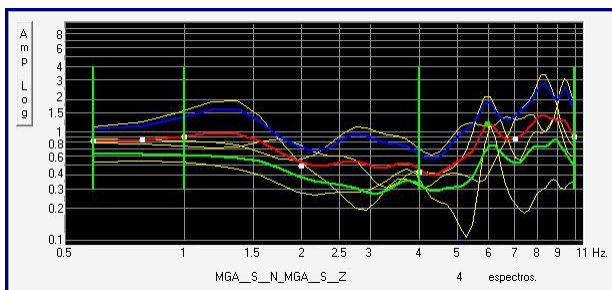
N80 componente NS



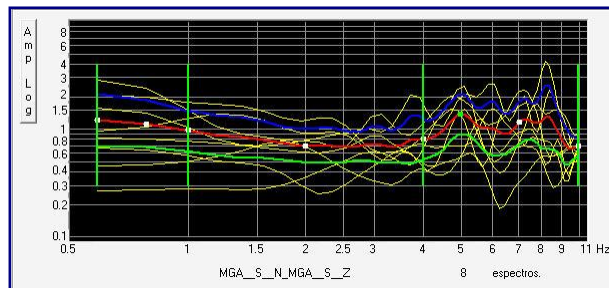
N79 componente NS



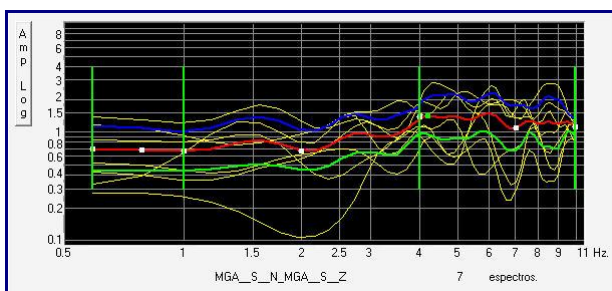
N82 componente EW



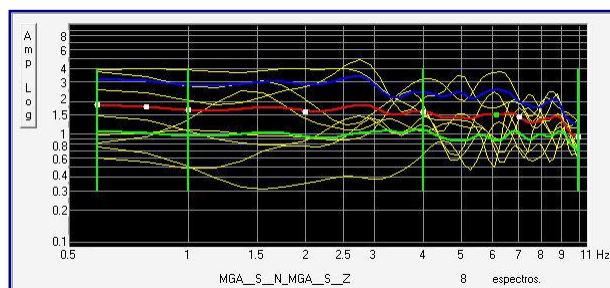
N81 componente NS



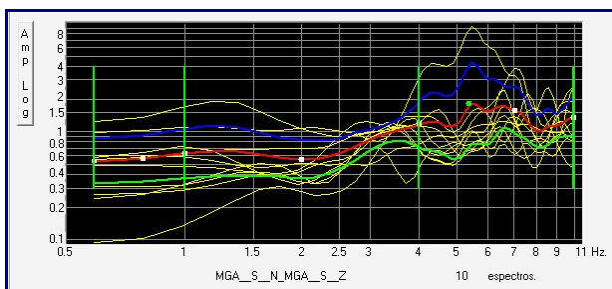
N84 componente NS



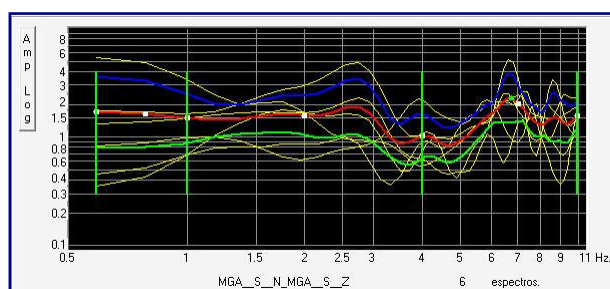
N83 componente NS



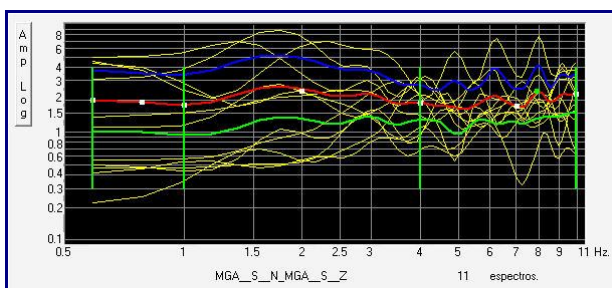
N86



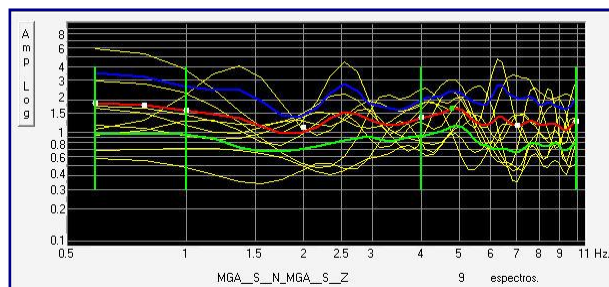
N87 componente NS



N89 componente NS

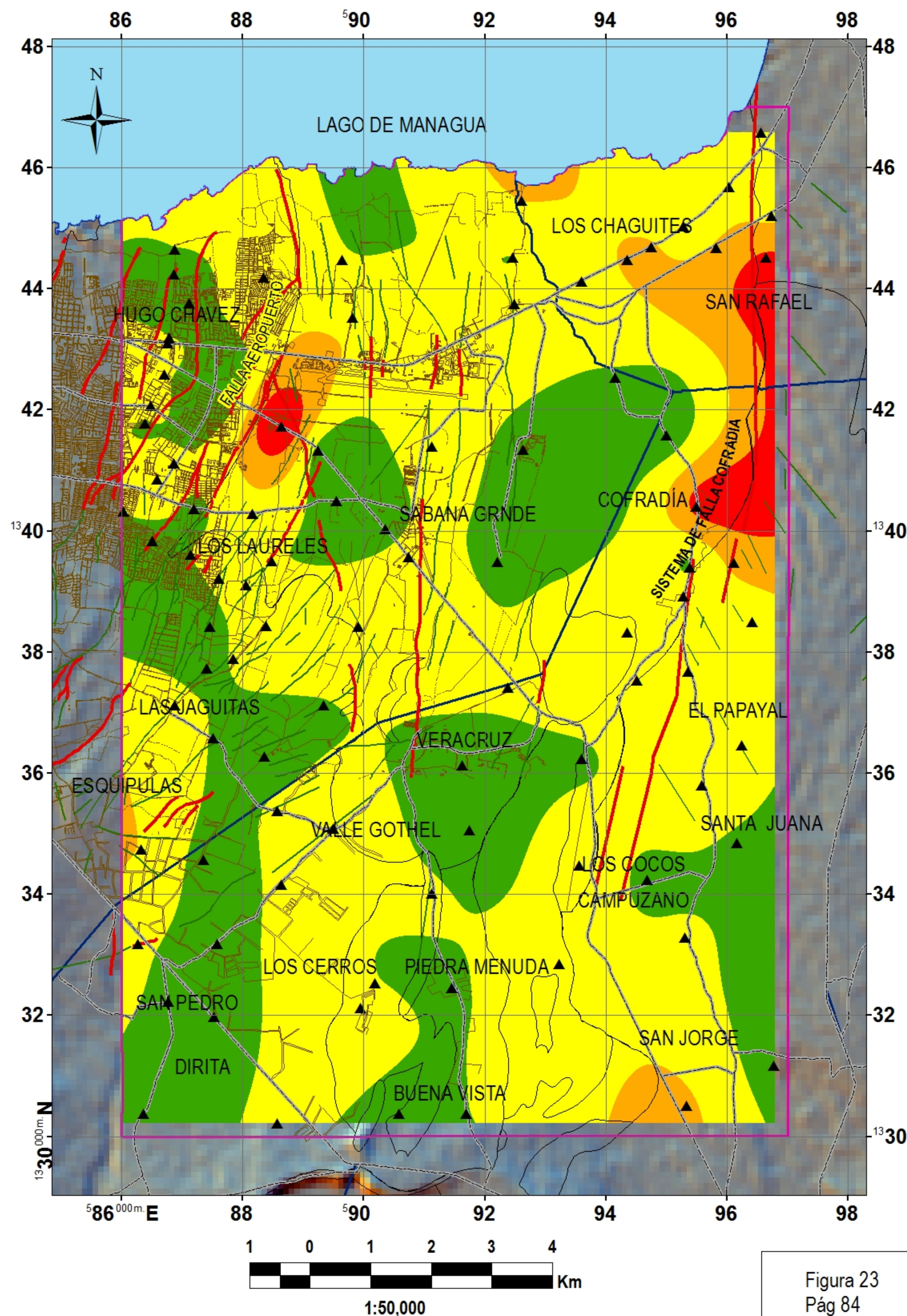


N91



N92 componente EW

MAPA DE AMPLIFICACIONES RELATIVAS



Leyenda cartográfica

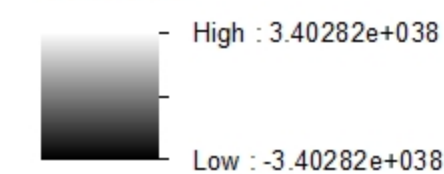
- Áreas pobladas
- Vías de acceso
- Limite municipal
- Lago de Managua
- Área de estudio
- Mediciones de microtemores

Leyenda geológica

- Lineamiento fotogeológico
- Fallas
- Contacto geológicos

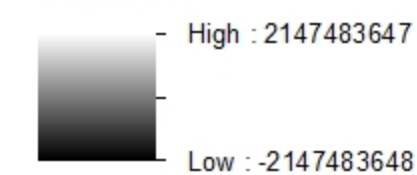
Mapa de pendiente

Valores



Mapa de Sombra

Valores



Datos tomado Sig-Georiesgo INETER

Rangos de amplificaciones registradas en el suelo.

- 0 - 1 Ao
- 1 - 1.5 Ao
- 1.5 - 2 Ao
- Ao 2 >

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS



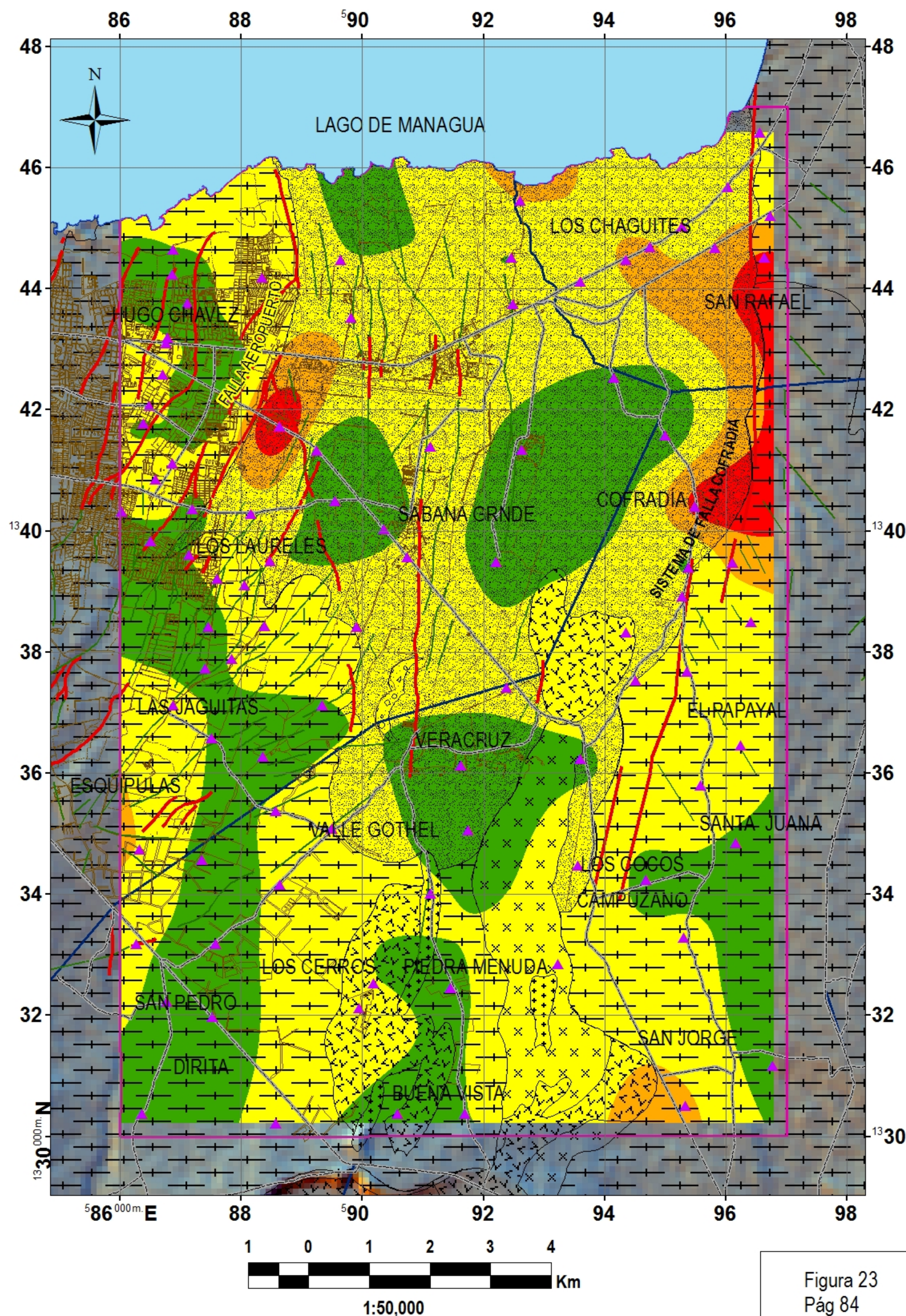
SEMIINARIO DE GRADUACIÓN

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y EFECTO DE SITIO
EN EL GRABEN AEROPUERTO, MANAGUA.

REALIZADO POR: Br. CAROLINA LIZET MONTANO GONZÁLEZ

MANAGUA, 2012

MAPA DE AMPLIFICACIONES RELATIVAS



Leyenda cartográfica

- Áreas pobladas
- Vías de acceso
- Limite municipal
- Lago de Managua
- Área de estudio
- Mediciones de microtemores

Leyenda geológica

- Lineamiento fotogeológico
- Fallas

Litología litológica

- Deposito aluviales residuales
- Escorias
- Deposito piroclástico
- Flujo lávico
- Cenizas
- Flujo lávico

Mapa de pendiente

Valores
High : 3.40282e+038
Low : -3.40282e+038

Mapa de Sombra

Valores
High : 2147483647
Low : -2147483648

Datos tomado Sig-Georjesgo INETER

Rangos de amplificaciones registradas en el suelo.

- 0 - 1 Ao
- 1 - 1.5 Ao
- 1.5 - 2 Ao
- Ao 2 >

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS



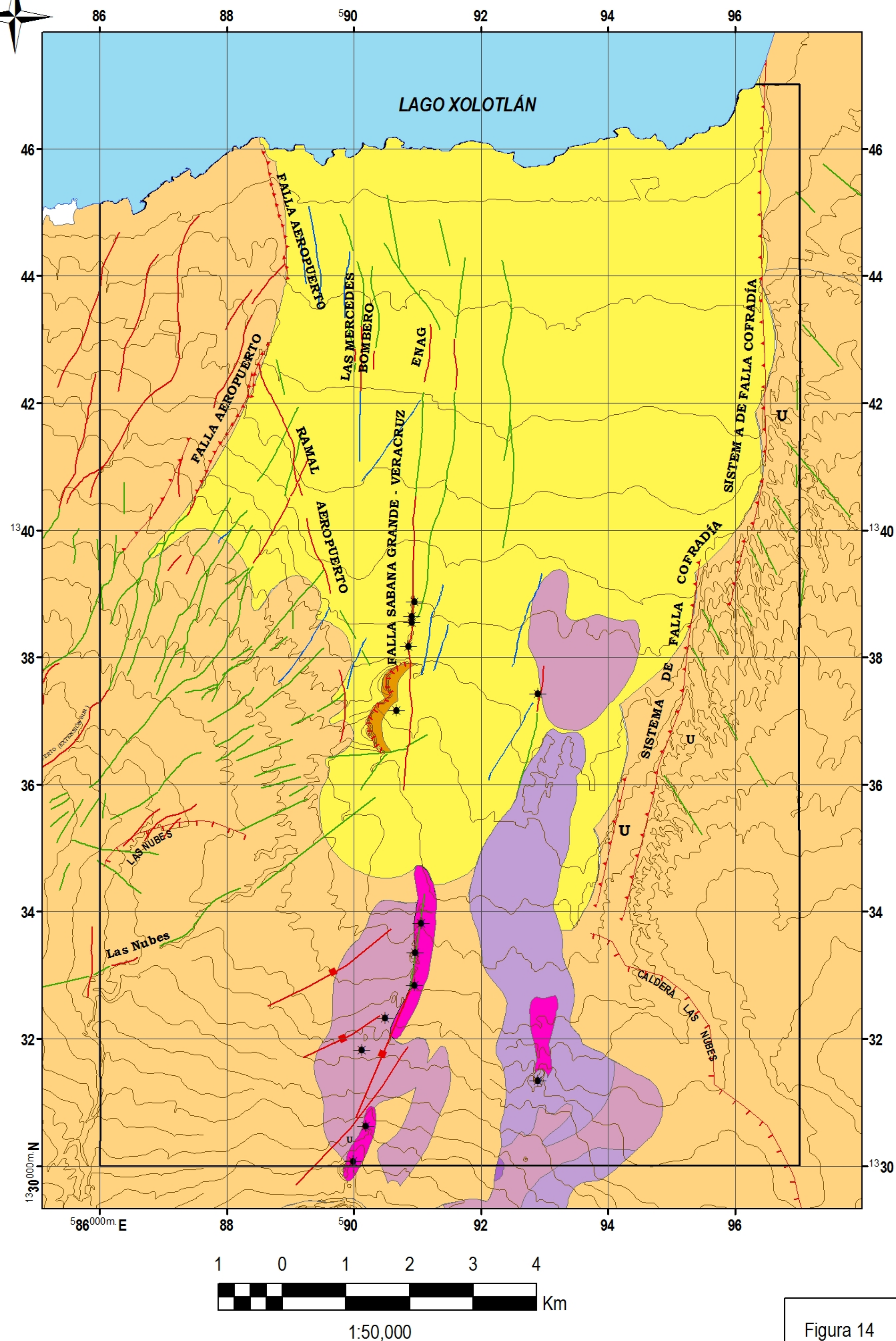
SEMIINARIO DE GRADUACIÓN

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y EFECTO DE SITIO
EN EL GRABEN AEROPUERTO, MANAGUA.

REALIZADO POR: Br. CAROLINA LIZET MONTANO GONZÁLEZ

MANAGUA, 2012

MAPA GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL



Leyenda convencional

- Área de estudio
- Lago Xolotlán
- Curvas de nivel

Leyenda geológicas

Estructuras geológicas

- Fallas
- Escarpe de falla
- Fracturas
- Lineamiento fotogeológico
 - Principales
 - Secundarios
- Estructura de calderas
- Relicto de centros volcánicos

Leyenda Litológica

- Deposito aluviales residuales
- Deposito piroclástico
- Cenizas
- Escoria
- Flujo lávico
- Flujo lávico

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA



SEMINARIO DE GRADUACIÓN

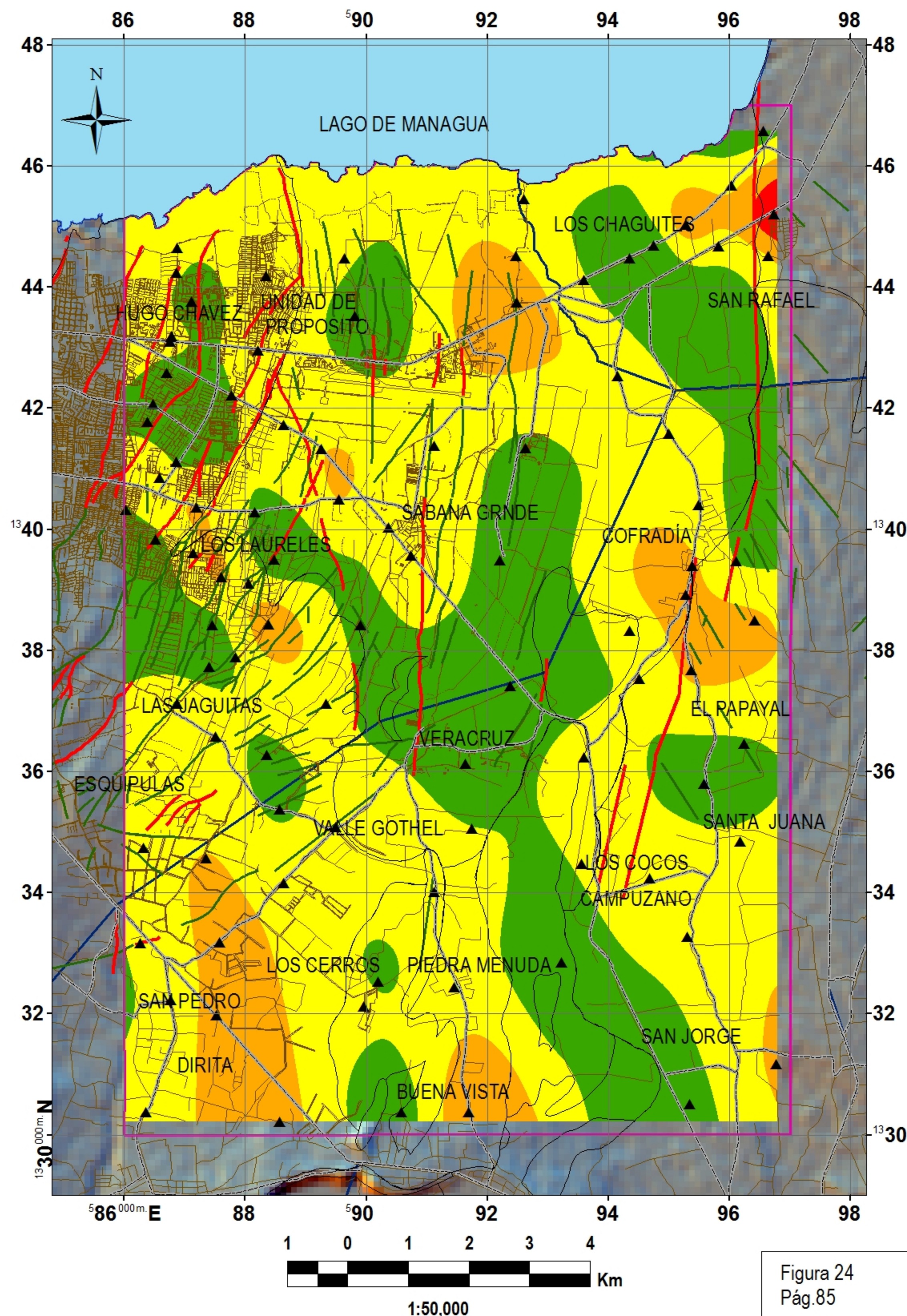
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y EFECTO DE SITIO
EN EL GRABEN AEROPUERTO

REALIZADO POR: Br. CAROLINA LIZETT MONTANO GONZÁLEZ

MANAGUA, 2012

Figura 14
Pág 61

MAPA DE PERIODO PREDOMINANTE



Leyenda cartográfica

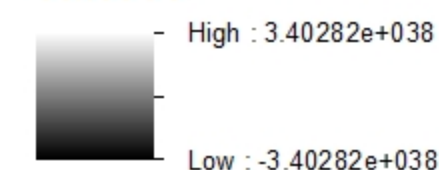
- Áreas pobladas
- Vías de acceso
- Limite municipal
- Lago de Managua
- Área de estudio
- Mediciones de microtemores

Leyenda geológica

- Lineamiento fotogeológico
- Fallas
- Contactos Geológicos

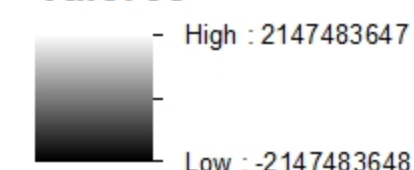
Mapa de pendiente

Valores



Mapa de Sombra

Valores



Datos tomado Sig-Georiesgo INETER

Periodo predominantes To (seg)

- Z1 0.095 - 0.147
- Z2 0.147 - 0.200
- Z3 0.200 - 0.253
- Z4 0.253 - 0.305

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS



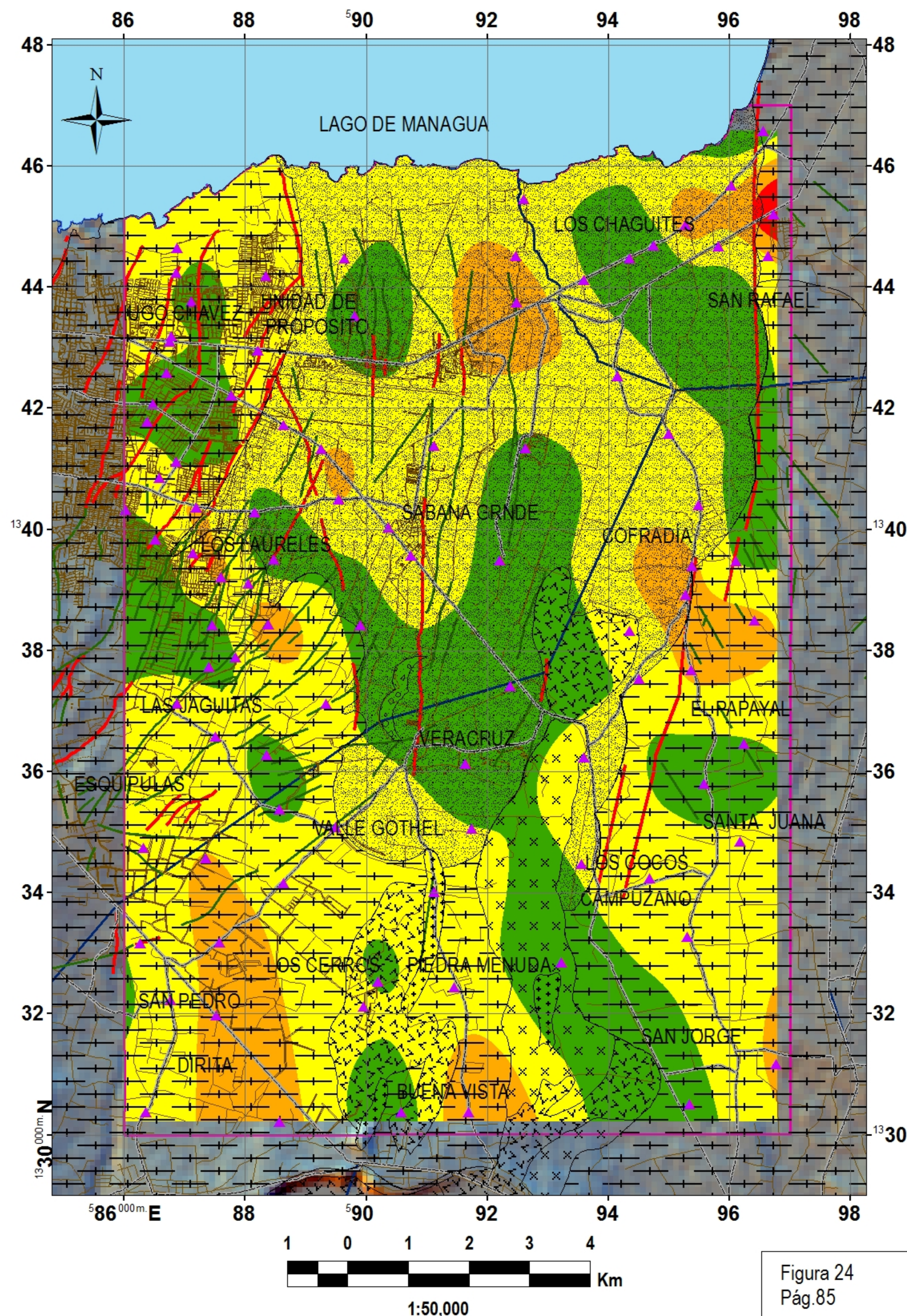
SEMIINARIO DE GRADUACIÓN

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y EFECTO DE SITIO
EN EL GRABEN AEROPUERTO, MANAGUA.

REALIZADO POR: Br. CAROLINA LIZET MONTANO GONZÁLEZ

MANAGUA, 2012

MAPA DE PERIODO PREDOMINANTE



Leyenda cartográfica

- Áreas pobladas
- Vías de acceso
- Limite municipal
- Lago de Managua
- Área de estudio
- Mediciones de microtremores

Leyenda geológica

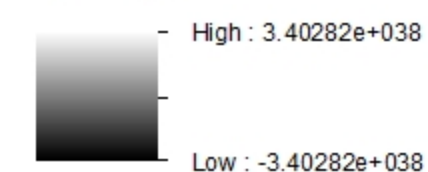
- Lineamiento fotogeológico
- Fallas

Litología litológica

- Deposito aluviales residuales
- Deposito piroclástico
- Cenizas
- Escorias
- Flujo lávico
- Flujo lávico

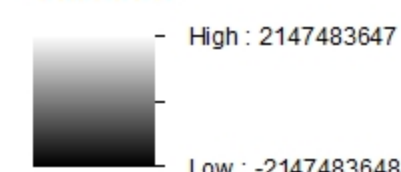
Mapa de pendiente

Valores



Mapa de Sombra

Valores



Datos tomado Sig-Georiesgo INETER

Periodo predominantes To (seg)

- Z1 0.095 - 0.147
- Z2 0.147 - 0.200
- Z3 0.200 - 0.253
- Z4 0.253 - 0.305

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS



SEMIINARIO DE GRADUACIÓN

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y EFECTO DE SITIO
EN EL GRABEN AEROPUERTO, MANAGUA.

REALIZADO POR: Br. CAROLINA LIZET MONTANO GONZÁLEZ

MANAGUA, 2012

Figura 24
Pág.85